

## PROSPECÇÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE POLIGERAÇÃO DE ENERGIA EM HOSPITAIS

**Magno Bernardo do Nascimento Silva** – [magnoyz@gmail.com](mailto:magnoyz@gmail.com)

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

**Antonio Gabriel Souza Almeida** – [gabrielalmeida@ifba.edu.br](mailto:gabrielalmeida@ifba.edu.br)

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

**Marcelo Santana Silva** – [marcelosilva@ifba.edu.br](mailto:marcelosilva@ifba.edu.br)

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

**Rilton Gonçalves Bonfim Primo** – [rilton@ufba.br](mailto:rilton@ufba.br)

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

**Resumo**— O estudo discute a crescente relevância da poligeração híbrida, incluindo o Gás Natural e particularmente aplicada em ambientes de saúde. Após a prospecção bibliométrica, foram identificadas as principais tendências, oportunidades e lacunas na literatura atual sobre o tema. A escolha estratégica das palavras-chave e a comparação entre diferentes bases de dados, como "Web of Science" e "Scielo", revelaram um panorama intrigante sobre o estado atual da arte, evidenciando áreas emergentes e consolidadas. Oferece insights valiosos para pesquisadores, engenheiros e tomadores de decisão interessados em promover sistemas energéticos mais eficientes e sustentáveis.

**Palavras-chave**— Hospital, Gás Natural, Poligeração híbrida, Prospecção bibliométrica.

**Abstract**— The study discusses the growing relevance of hybrid polygeneration, including Natural Gas and particularly applied in healthcare environments. After bibliometric research, the main trends, opportunities and gaps in the current literature on the topic were identified. The strategic choice of keywords and the comparison between different databases, such as "Web of Science" and "Scielo", revealed an intriguing overview of the current state of the art, highlighting emerging and consolidated areas. It offers valuable insights for researchers, engineers and decision-makers interested in promoting more efficient and sustainable energy systems.

**Keywords**— Hospital, Natural Gas, Hybrid polygeneration, Bibliometric prospecting.

### 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com as mudanças climáticas tem intensificado a procura por fontes energéticas sustentáveis, levando a uma onda de inovações, particularmente nos hospitais, notórios pelo alto consumo energético e pela necessidade de fornecimento constante para manter equipamentos essenciais operantes. O Brasil, abençoado com abundantes recursos solares e biomassa, está bem posicionado para enriquecer sua matriz energética, já notável por seu compromisso com as renováveis, que constituem quase metade (44,8 %) de sua composição, contrastando com a dependência global em combustíveis fósseis (Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2023).

Esse perfil energético brasileiro ressalta a importância de diversificar as soluções energéticas em estabelecimentos como hospitais, aproveitando os recursos naturais abundantes no país. A matriz energética de um hospital tipicamente brasileiro mostra uma dependência considerável da rede elétrica de geração centralizada, pouco complementada por sistemas de cogeração. No entanto, estudos recentes, como os de Pina, E. A.; Lozano, M. A.; Serra, L. M. (2018), sugerem que a integração de sistemas fotovoltaicos, energia solar térmica e biomassa pode resultar em economias significativas, reduzindo os custos de energia em até 70 %. Este potencial de economia, combinado com os benefícios ambientais de reduzir as emissões de carbono, torna a transição para fontes de energia renovável uma escolha estratégica para hospitais brasileiros.

Além da transição para fontes renováveis, a perspectiva mais ampla desta pesquisa é explorar estratégias integradas e sistemas de poligeração híbridos. Esses sistemas combinam fontes de energia renováveis, como solar e biomassa, com Gás Natural, objetivando uma otimização na geração distribuída e no consumo de energia. A integração dessas fontes não apenas possibilita uma matriz energética resiliente, adaptando-se às variabilidades das fontes renováveis, mas também assegura uma entrega de energia constante e confiável. O Gás Natural, nesse contexto, ressalta-se como um pilar crucial na transição energética devido à sua capacidade de fornecer energia contínua em momentos de intermitência das fontes renováveis e por ser uma alternativa mais limpa em relação aos combustíveis fósseis tradicionais.

De acordo com Gehrke et al. (2021), a matriz energética brasileira tem se distinguido notavelmente, priorizando a adoção de energias renováveis. O Brasil, nos anos de 2015 a 2019, viu um incremento de aproximadamente 12 % nas energias renováveis, enquanto as não renováveis declinaram em 8,4 %. Esta transição para fontes de energia mais limpas, apoiada em recursos naturais abundantes, reitera o compromisso do Brasil em promover soluções energéticas mais sustentáveis e diversificadas (Gehrke et al., 2021). Dentro deste escopo, hospitais, como grandes consumidores de energia, podem se beneficiar enormemente dessas inovações, garantindo um fornecimento de energia mais eficiente, sustentável e sem interrupções no fornecimento, apoiado na segurança energética proporcionada pelo Gás Natural, que apresenta características como alta eficiência em sistemas de cogeração e baixas emissões, tornando-o um aliado estratégico na busca por soluções energéticas mais sustentáveis.

Dentro do contexto mais amplo de pesquisa sobre sistemas híbridos de poligeração e integração de diversas fontes de geração de energia, este artigo delimita-se à realização de uma prospecção bibliométrica utilizando fontes reconhecidas, como Scielo (2023) e Web of Science (2023). Esta análise de literatura existente não apenas evidenciará o atual estado da arte no tema, mas também impulsionará a continuidade da pesquisa mais ampla. A intenção é que, com os *insights* adquiridos, possamos fornecer diretrizes claras e embasadas para futuras implementações e estudos no setor hospitalar.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A prospecção tecnológica é um campo que visa antecipar e identificar tendências futuras em áreas tecnológicas específicas. Por meio dela, é possível identificar novas tecnologias emergentes, avaliar o desenvolvimento de tecnologias já existentes e prever o impacto potencial dessas tecnologias em diferentes contextos (Costa, 2012). Esse processo de antecipação permite às organizações, sejam elas empresas, institutos de pesquisa ou entidades governamentais, tomarem decisões mais informadas em relação aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, formação de parcerias, entre outros (Daim et al., 2006).

Dentro da prospecção tecnológica, destaca-se a prospecção bibliométrica, uma ferramenta que utiliza métodos quantitativos para analisar a literatura científica e tecnológica. Com ela, é possível identificar padrões, tendências, redes de colaboração, instituições líderes e direções futuras da pesquisa (Porter e Cunningham, 2005). Ao mapear o cenário científico e tecnológico, a prospecção bibliométrica fornece *insights* valiosos que podem direcionar investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e orientar estratégias de inovação.

A prospecção, enquanto método analítico, serve para identificar tendências, desafios e oportunidades em diversos campos de pesquisa, e ao voltarmos essa lente de análise para o campo energético, especialmente em relação a sistemas hospitalares, torna-se evidente a crescente busca por soluções mais sustentáveis e integradas. A busca de anterioridade, que envolve o levantamento sobre o “estado da técnica” de uma inovação, é fundamental para compreender se esta já foi desenvolvida ou apropriada. Esta revisão do estado da técnica permite mapear avanços, identificando patentes e trabalhos científicos relacionados à temática em questão (Santos, 2018). Dentro desse contexto e através da prospecção bibliométrica, é possível mapear o estado da arte a partir de trabalhos científicos, compreendendo os avanços recentes e as áreas que necessitam de maior atenção. Como os sistemas híbridos de poligeração, que emergem como uma resposta inovadora às demandas atuais, conjugando eficiência energética, sustentabilidade e versatilidade energética.

A busca por fontes de energia renovável e soluções sustentáveis tem se tornado uma preocupação crescente no cenário global. Dentro deste contexto, surgem estratégias integradas e sistemas de poligeração híbridos, que combinam fontes renováveis e Gás Natural para otimizar a geração e o consumo de energia. O Gás Natural desempenha um papel essencial na transição energética, é mais limpo em comparação com outras fontes fósseis e pode ser facilmente integrado em sistemas híbridos, proporcionando uma transição mais suave e servindo também como ponte entre fontes de energia convencionais e renováveis, garantindo a segurança energética e atendendo a demanda de forma contínua (Pina, Lozano & Serra, 2018a; Pina, Lozano & Serra, 2018b). Reconhecido por suas emissões reduzidas de gases de efeito estufa em comparação com outras fontes fósseis, quando utilizado para geração de eletricidade, ele emite quase metade do CO<sub>2</sub> em comparação ao carvão. No contexto do cenário de [R]evolução Energética, apresentado pelo Greenpeace Brasil, o Gás Natural é percebido como um combustível de transição e se projeta que será a última fonte fóssil a ser abandonada, por volta de 2049. Além disso, o cenário enfatiza o potencial de cogeração, aproveitando o calor residual dos processos energéticos, principalmente na indústria, oferecendo oportunidades para o aquecimento de água e ambientes, e complementando outras tecnologias de aquecimento (Rodrigues et al., 2016).

Além disso, a integração de energia solar térmica, fotovoltaica e biomassa (através do biogás e biometano) em hospitais brasileiros representa uma oportunidade única de melhorar a eficiência energética, reduzir custos e contribuir para a sustentabilidade ambiental (Pina, Lozano & Serra, 2018a). Estudos de caso, artigos científicos e projetos, possuem o cunho de demonstrar a viabilidade e os benefícios dessa integração.

A relevância da concentração do estudo em hospitais brasileiros reside no fato de que estas instituições têm demandas energéticas significativas, e uma transição bem-sucedida para sistemas de energia mais eficientes e sustentáveis pode servir como modelo para outros setores. Conforme Homa et al. (2022), sistemas híbridos e de poligeração renovável têm ganhado destaque significativo, não apenas em grandes centrais, mas também em geração de energia distribuída. Esses sistemas se beneficiam da combinação de diversas fontes de energia, como solar, eólica e biomassa, e têm potencial para atender necessidades energéticas de diferentes escalas, desde grandes instalações até aplicações de pequena escala em residências. A diversidade na combinação de fontes e a adoção de diferentes tecnologias oferecem vantagens como a redução dos efeitos negativos das flutuações na geração de energia e uma significativa redução nos custos de energia. Assim, ao alavancar essas abordagens inovadoras em hospitais, podemos proporcionar uma transição energética eficaz e sustentável, que poderá ser replicada em outros setores (Homa et al., 2022).

No contexto atual de busca por soluções energéticas sustentáveis, a prospecção bibliométrica assume um papel crucial ao proporcionar uma visão panorâmica e detalhada das pesquisas e desenvolvimentos em sistemas de energia. Ao analisar a literatura relacionada a sistemas de poligeração híbridos, a prospecção bibliométrica não só mapeia o estado atual do conhecimento, mas também identifica as principais tendências, desafios e oportunidades que moldarão o futuro da integração de múltiplas fontes de energia. Assim, essa abordagem quantitativa da literatura serve como uma ponte entre o vasto corpus de pesquisa existente e as necessidades práticas de desenvolvimento e implementação de sistemas híbridos de poligeração.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Nesta pesquisa, a abordagem metodológica escolhida é tanto qualitativa quanto quantitativa. A combinação dessas duas abordagens permite uma análise dos dados coletados, proporcionando *insights* tanto numéricos quanto contextuais sobre o objeto de estudo.

A abordagem quantitativa, frequentemente empregada em estudos bibliométricos, envolve a coleta e análise de dados numéricos para identificar padrões, tendências e relações. Neste estudo, a quantificação ocorrerá em aspectos como número de publicações, frequência de palavras-chave, e por categorias de pesquisa.

Tal abordagem possibilita uma visão panorâmica do campo de estudo, evidenciando sua evolução ao longo do tempo e os principais atores envolvidos.

Por outro lado, a abordagem qualitativa é orientada para a compreensão contextual dos fenômenos estudados. Ela será utilizada para interpretar e discutir os resultados quantitativos, bem como para extrair *insights* das publicações selecionadas. A análise qualitativa permitirá identificar nuances, lacunas de pesquisa e novas perspectivas emergentes no campo dos sistemas de poligeração híbridos.

Ao integrar ambas as abordagens, esta pesquisa busca não apenas mapear o estado da arte no campo dos sistemas de poligeração híbridos em uma unidade de saúde, mas também compreender os contextos, desafios e oportunidades que moldam este campo de estudo.

### 3.2 SELEÇÃO DAS BASES DE DADOS

As ferramentas de prospecção tecnológica incorporadas à formação profissional e utilizadas de maneira rotineira, auxiliam os processos de tomada de decisão e melhoram a gestão da inovação (Quintella, 2011). Além das ferramentas, a escolha das bases de dados é fundamental para garantir a abrangência e relevância dos resultados obtidos em uma prospecção bibliométrica. As bases de dados selecionadas para esta pesquisa foram Scielo e Web of Science, essa escolha foi orientada tanto pela representatividade destas bases no cenário acadêmico internacional quanto pela diversidade de publicações que elas agregam.

A Web of Science é uma base de dados de alcance global, reconhecida por sua ampla cobertura de periódicos de alto impacto em diversas áreas do conhecimento. A inclusão desta base permite uma perspectiva internacional sobre o campo de estudo, garantindo a captura de tendências, inovações e discussões emergentes no cenário global de sistemas de poligeração híbridos.

Por sua vez, a Scielo é uma das mais renomadas bases de dados da América Latina, oferecendo uma gama vasta de periódicos científicos em várias línguas, principalmente em português e espanhol. Essa plataforma foi escolhida por ser uma fonte primordial de pesquisas desenvolvidas no contexto brasileiro, permitindo um olhar regionalizado sobre o tema dos sistemas de poligeração híbridos em hospitais.

Ao combinar a abrangência regional da Scielo com o escopo global da Web of Science, esta pesquisa se posiciona de maneira única para identificar tanto as peculiaridades locais quanto as tendências internacionais no estudo dos sistemas de poligeração híbridos. Este mapeamento multifacetado é essencial para compreender a dinâmica complexa e as múltiplas dimensões que caracterizam esse campo emergente de pesquisa.

### 3.3 DEFINIÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE

A seleção apropriada de palavras-chave é essencial para refinar as buscas em bases de dados e garantir que os resultados sejam tanto relevantes quanto abrangentes em relação ao tema de estudo. O processo de definição e refinamento das palavras-chave envolve uma combinação de revisão da literatura existente, compreensão do objetivo da pesquisa e iteratividade para refinamento. De acordo com a abordagem delineada por Porter e Cunningham (2005) no conceito de "tech mining", a escolha de palavras-chave transcende uma simples seleção de termos; ela se torna uma estratégia analítica complexa. Neste contexto, as palavras-chave funcionam como lentes através das quais se filtram vastos dados de patentes e publicações, isolando informações cruciais que podem prever as trajetórias de inovação tecnológica.

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura para identificar termos frequentemente associados a sistemas de poligeração híbridos. Esta etapa ajudou a entender a terminologia padrão e os conceitos-chaves associados ao tema. Tendo em mente o foco específico desta pesquisa sobre integração de fontes renováveis e Gás Natural, termos que alinhavam diretamente com esses elementos foram priorizados. O objetivo foi garantir que as buscas resultassem em artigos que tratassem diretamente dos desafios e oportunidades associados a essa integração.

Durante as buscas preliminares, notou-se a necessidade de ajustar e combinar termos para otimizar os resultados. Esta etapa de refinamento é comum em prospecções bibliométricas e permite que o pesquisador adapte sua estratégia à medida que se familiariza com o corpo de literatura disponível. Finalmente, após este processo, quatro palavras-chave principais foram definidas, cada uma capturando um aspecto vital da pesquisa.

Quadro 1. Palavras-chave e justificativas

Palavras-chave	Descrição de potencialidades e justificativas
Poligeração híbrida	Refere-se à combinação de múltiplas fontes de geração de energia, refletindo o foco principal deste estudo.
Integração energética	Destaca a conexão e coordenação entre diferentes fontes e formas de energia.
Eficiência energética	Mensura a quantidade de energia contida nos insumos e nos produtos resultantes de um processo, é a energia que não se vê, aquela que se deixa de consumir. Um recurso invisível alinhado ao objetivo de otimizar o uso e geração de energia, minimizando desperdícios. (Jannuzzi, 2015).
Geração energética	Termo amplo que abrange todos os métodos e fontes utilizados para produzir energia.
Unidade de saúde	Reflete o foco do estudo em instalações de saúde, como hospitais.
Hospital	Especifica o tipo de instalação de saúde abordada, dada sua relevância no consumo de energia.
Transição energética	Alude à mudança em direção a fontes de energia mais sustentáveis e eficientes.
Energias renováveis	Aborda as fontes de energia que são centrais para sistemas de poligeração híbridos.
Gás Natural	Destaca a importância desta fonte de energia como uma peça-chave na integração de sistemas híbridos.

Fonte: Próprio autor (2023)

Após a análise cuidadosa das palavras-chave e suas justificativas, as seguintes quatro palavras foram escolhidas como centrais para a pesquisa: "Poligeração híbrida", "Eficiência energética", "Hospital" e "Gás Natural". A motivação para esta escolha reside na capacidade destes termos de abranger tanto o tema geral da pesquisa, quanto a delimitação específica para a prospecção bibliométrica. "Poligeração híbrida" e "Eficiência energética" destacam a busca por sistemas otimizados de geração de energia, enquanto "Hospital" especifica o tipo de instalação focada, e "Gás Natural" enfatiza uma fonte de energia essencial para a integração de sistemas híbridos e transição energética. Esses termos servirão como alicerce para as buscas nas bases de dados selecionadas, guiando a pesquisa para a coleta de artigos que realmente ressoem com os objetivos deste estudo.

### 3.4 ANÁLISE E TRIAGEM DOS RESULTADOS

A fase de análise e triagem dos resultados é crucial para garantir que os documentos selecionados estejam alinhados ao objetivo da pesquisa, uma vez que os artigos e publicações são obtidos através das palavras-chave nas bases de dados escolhidas, é vital realizar uma triagem criteriosa.

Carvalho (2016), ao se debruçar sobre prospecção tecnológica, enfatiza sua relevância como instrumento de gestão estratégica. Conforme articulado na "Revista Gestão & Tecnologia", esta abordagem possibilita às entidades anteverem tendências e inovações futuras, assegurando uma pronta adaptação aos cenários em transformação. Esta fase de análise e triagem dos resultados em pesquisas é vital para assegurar que os documentos selecionados estejam em consonância com o propósito da investigação. Assim, considerando que os registros são obtidos por meio de palavras-chave específicas nas bases de dados eleitas, a importância de uma triagem rigorosa se faz ainda mais evidente. Inicialmente, todos os resultados retornados serão submetidos a um estudo preliminar analítico, focando nos títulos e resumos, para determinar sua relevância em relação ao objetivo principal da prospecção. Nessa fase, os artigos que não possuem as palavras-chave de "Poligeração híbrida", "Eficiência energética", "Hospital" ou "Gás Natural", serão excluídos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com uma visão quantitativa das publicações encontradas a partir das palavras-chave e suas combinações, a representação da prospecção bibliométrica oferecerá uma imagem clara da produção acadêmica e científica sobre o tema proposto. A representação das palavras-chave e suas combinações, formam a base metodológica para a realização das buscas nas bases de dados "Web of Science" e "Scielo". A escolha minuciosa dessas palavras e combinações foi feita visando abranger a complexidade e interdisciplinaridade do

tema em questão. É esperado que os resultados quantitativos sejam intercalados e complementados por uma análise profunda, visando não apenas compreender o que tem sido publicado, mas também identificar oportunidades de pesquisa futura, assim como diretrizes e recomendações práticas para a implementação de sistemas de poligeração híbridos em ambientes hospitalares.

Quadro 2. Realização das prospecções

Base	Palavras-chave	Quantidade de artigos	Principais anos de publicação	Principais categorias	Principais países
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration</i>	15	2022 2021 2017	<i>Energy Fuels</i> <i>Thermodynamics</i> <i>Mechanics</i>	<i>Italy</i> <i>Spain</i> <i>Poland</i>
Web of Science	<i>Energy efficiency</i>	152.205	2021 2022 2020	<i>Engineering Electrical Electronic</i> <i>Energy Fuels</i> <i>Telecommunications</i>	<i>USA</i> <i>China</i> <i>South Korea</i>
Web of Science	<i>Hospital</i>	1.513.131	2021 2022 2020	<i>Medicine General Internal Surgery</i> <i>Public Environmental Occupational Health</i>	<i>USA</i> <i>China</i> <i>England</i>
Web of Science	<i>Natural gas</i>	74.024	2021 2022 2020	<i>Energy Fuels</i> <i>Engineering Chemical</i> <i>Environmental Sciences</i>	<i>China</i> <i>USA</i> <i>Canada</i>
Scielo	Poligeração híbrida	0	-	-	-
Scielo	Eficiência energética	212	2021 2010 2012	<i>Construction Building Technology</i> <i>Architecture</i> <i>Engineering Civil</i>	<i>Brasil</i> <i>Portugal</i> <i>Espanha</i>
Scielo	Hospital	19.914	2022 2021 2020	<i>Nursing</i> <i>Medicine General Internal</i> <i>Public Environmental Occupational Health</i>	<i>Brasil</i> <i>Portugal</i> <i>Turquia</i>
Scielo	Gás Natural	75	2014 2007 2010	<i>Chemistry Multidisciplinary</i> <i>Cultural Studies</i> <i>Social Sciences Interdisciplinary</i>	<i>Brasil</i> <i>Argentina</i> <i>Itália</i>

\*Nota 1: No quadro 2, o conteúdo no interior das células está ordenado em ordem crescente

Fonte: Próprio autor (2023)

A pesquisa foi realizada em duas bases de dados, na "Web of Science", foi explorada a coleção principal, empregando as palavras-chave e suas respectivas combinações em inglês. Por outro lado, na base "Scielo", a investigação se concentrou na coleção "Scielo Brazil", empregando os equivalentes em português. Em ambos os cenários, para garantir uma busca precisa e abrangente, o operador booleano "and" foi adotado nas combinações de palavras-chave, a fim de intersectar temas e refinar os resultados.

O Quadro 2 apresenta um panorama das pesquisas realizadas nas duas bases de dados. Nota-se uma distinção notável nas quantidades de artigos resultantes de cada palavra-chave. A partir da base "Web of Science", observa-se uma grande quantidade de publicações relacionadas à "Energy efficiency", isso ressalta a crescente atenção global à eficiência energética, sendo também evidente nas principais categorias e países: os Estados Unidos da América – EUA (ou em inglês USA) e a China figuram como líderes. Similarmente, a palavra-chave "Hospital" apresentou uma grande quantidade de artigos, indicando uma vasta literatura que abrange áreas como medicina geral, cirurgia e saúde ocupacional. Notadamente, o termo "Natural gas" também exibe um volume expressivo. A predominância de artigos relacionados à "eficiência energética" e

"hospital" no Quadro 2 é confirmada pelo trabalho de Dainese et al. (2019), que se debruçou sobre estratégias para reduzir o consumo energético em edifícios hospitalares. Eles sublinham a necessidade de sistemas avançados e adaptativos, ajustados às ocupações imprevisíveis destes espaços, destacando uma oportunidade significativa para melhorar o consumo energético nos hospitais.

Contrastantemente, a busca por "*Hybrid polygeneration*" retornou apenas 15 artigos, o que pode sugerir uma área de estudo mais nichada, porém, com grande potencial de expansão e aprofundamento, dado o contexto contemporâneo de busca por fontes energéticas sustentáveis. Isto está em alinhamento com a temática central da pesquisa que foca na integração de diferentes fontes energéticas em sistemas de poligeração híbridos. No tocante à base "Scielo Brazil", o termo "Poligeração híbrida" não retornou nenhum artigo, o que sinaliza uma possível lacuna no contexto acadêmico brasileiro, merecendo destaque e incentivo para pesquisas futuras. Já "Eficiência energética" e "Hospital" demonstraram um volume significativo de artigos. O termo "Gás Natural", ainda que menos expressivo, possui bons números, reforçando sua importância e relevância, principalmente quando se considera a transição energética e sua função estratégica. Este interesse marcante em "Gás Natural" é corroborado pelo trabalho de Pagliarini et al. (2012), que analisa a otimização do sistema CHCP - "*Combined Heating, Cooling, and Power*", que em português significa "Cogeração de Aquecimento, Resfriamento e Energia" - de um hospital. O estudo destaca o potencial da cogeração em hospitais e indica que, embora exista um grande potencial, sua adoção prática ainda é limitada.

Examinando as categorias que mais se repetem, é possível identificar uma ênfase particular em "*Energy Fuels*" e "*Engineering*". A recorrência da categoria "*Energy Fuels*" sugere uma tendência global de investigar combustíveis e fontes de energia mais eficientes e sustentáveis, alinhados aos objetivos globais de redução de emissões de carbono. A categoria "*Engineering*" ressalta os aspectos técnicos e mecânicos da energia, destacando a inovação como pilar para a eficiência, especialmente em locais como hospitais. Complementando essa análise, Romero et al. (2013) apresentaram um estudo sobre um hospital em Sudbury, Ontario - Canadá, evidenciando a complexidade das necessidades energéticas hospitalares e o potencial inovador da poligeração híbrida. Tal pesquisa realça os hospitais como ambientes primordiais para implementações estratégicas, sublinhando a relevância contínua dessas soluções no cenário de pesquisa.

Quadro 3. Realização das prospecções conjuntas

Base	Conjuntos de palavras-chave	Quantidade de artigos	Principais anos de publicação	Principais categorias	Principais países
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Energy efficiency</i>	2	2018 2021 -	<i>Energy Fuels</i> <i>Engineering Mechanical</i> <i>Thermodynamics</i>	Iran Italy -
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Hospital</i>	1	2021 - -	<i>Energy Fuels</i> <i>Green Sustainable Science</i> <i>Technology</i>	Spain - -
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Natural gas</i>	1	2021 - -	<i>Energy Fuels</i> <i>Green Sustainable Science</i> <i>Technology</i>	Spain - -
Web of Science	<i>Energy efficiency &amp; Hospital</i>	387	2021 2020 2022	<i>Energy Fuels</i> <i>Engineering Electrical</i> <i>Electronic</i> <i>Construction Building</i> <i>Technology</i>	USA China Italy
Web of Science	<i>Energy efficiency &amp; Natural gas</i>	2.679	2021 2022	<i>Energy Fuels</i> <i>Thermodynamics</i>	China USA

			2020	<i>Engineering Chemical</i>	<i>South Korea</i>
Web of Science	<i>Hospital &amp; Natural gas</i>	109	2017 2018 2022	<i>Energy Fuels</i> <i>Environmental Sciences</i> <i>Thermodynamics</i>	<i>USA</i> <i>Canada</i> <i>China</i>
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Energy efficiency &amp; Hospital</i>	0	-	-	-
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Energy efficiency &amp; Natural gas</i>	0	-	-	-
Web of Science	<i>Energy efficiency &amp; Hospital &amp; Natural gas</i>	12	2018 2000 2003	<i>Energy Fuels</i> <i>Thermodynamics</i> <i>Environmental Sciences</i>	<i>Spain</i> <i>USA</i> <i>England</i>
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Hospital &amp; Natural gas</i>	1	2021	<i>Energy Fuels</i> <i>Green Sustainable Science Technology</i>	<i>Spain</i>
Web of Science	<i>Hybrid polygeneration &amp; Energy efficiency &amp; Hospital &amp; Natural gas</i>	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Eficiência energética	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Hospital	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Gás Natural	0	-	-	-
Scielo	Eficiência energética & Hospital	0	-	-	-
Scielo	Eficiência energética & Gás Natural	1	2009	<i>Cultural Studies</i> <i>Social Sciences</i> <i>Interdisciplinary</i>	<i>Brasil</i>
Scielo	Hospital & Gás Natural	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Eficiência energética & Hospital	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Eficiência energética & Gás Natural	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Hospital & Gás Natural	0	-	-	-
Scielo	Eficiência energética & Hospital & Gás Natural	0	-	-	-
Scielo	Poligeração híbrida & Eficiência energética & Hospital & Gás Natural	0	-	-	-

\*Nota 2: No quadro 3, o conteúdo no interior das células está ordenado em ordem crescente

Fonte: Próprio autor (2023)

O Quadro 3 versa sobre as prospecções conjuntas, e revela dados intrigantes e complementares às observações previamente no Quadro 2. Estes dados ressaltam a inter-relação entre tópicos essenciais, como "Poligeração híbrida", "Eficiência energética", "Hospital" e "Gás Natural", e destaca a multiplicidade de pesquisas em campos interconectados. Primeiramente, é notável que a combinação de "poligeração híbrida" com "eficiência energética" apresenta um volume menor de publicações, o que sinaliza um nicho de pesquisa ainda em desenvolvimento, mas extremamente relevante para as abordagens futuras de otimização energética.

Outro destaque é a consistente presença da categoria "*Energy Fuels*", que se manifesta em várias combinações. Esta prevalência sugere uma forte correlação entre os temas de pesquisa e as fontes de energia,

corroborando com os *insights* anteriores. No que tange aos anos de publicação, observa-se que quando a combinação envolve "Gás Natural", os anos mais antigos são evidenciados, isso pode ser interpretado como uma indicação de que o Gás Natural tem sido um tópico de interesse há algum tempo, possivelmente devido ao seu papel como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis e seu potencial na transição energética, conforme discutido em Romero et al. (2013) e Pagliarini et al. (2012).

Por outro lado, quando a combinação envolve "eficiência energética", nota-se uma concentração em anos mais recentes, que pode ser interpretado como um reflexo das crescentes preocupações globais com a sustentabilidade, eficiência e integração de sistemas. De acordo com Alexis e Liakos (2013), o setor hospitalar desponta como um dos grupos do setor comercial de maior consumo energético por unidade de área em comparação com outros tipos de edificações, em diferentes formas, como para aquecimento de água, geração de vapor e frio, na cocção e na geração de energia elétrica. Portanto, hospitais, estão buscando otimizar seu consumo e, assim, a eficiência energética tornou-se um tópico crucial no segmento. Os hospitais requerem eletricidade de alta qualidade com fornecimento constante, tornando-se locais ideais para sistemas e cenários de cogeração, o que combate diretamente o consumo energético ineficiente, que não apenas esgota os recursos naturais, mas também contribui para a poluição e as mudanças climáticas (Santo, 2014). Iluminação, equipamentos médicos e hospitalares, e outros serviços essenciais sublinham a demanda contínua por energia. Como Szklo, A. S. et al. (2004) apontam, há um potencial significativo para a redução do consumo de energia, com algumas estimativas sugerindo uma redução de até 25 % em certos estabelecimentos. Conforme destacado por Szklo, A. S. et al. (2004), a adoção de motores alimentados a Gás Natural em hospitais pode não apenas melhorar a eficiência energética, mas também reduzir as emissões nocivas.

Os dados compilados ressaltam a crescente necessidade de inovação, sobretudo quando observamos os hospitais como ambientes fundamentais para a introdução e implementação de sistemas de poligeração híbrida. A seleção de palavras-chave foi crucial para esse mapeamento, indicando áreas já solidificadas na literatura, como "Gás Natural", enquanto aponta para campos emergentes, como "Eficiência energética". A lacuna identificada no banco de dados Scielo sobre "Poligeração híbrida" sinaliza uma oportunidade valiosa para futuras pesquisas. O processo de prospecção, além de ilustrar o estado atual da arte, serve como um farol, apontando para oportunidades inexploradas e áreas que merecem aprofundamento. A clareza proporcionada por esta técnica é imprescindível, oferecendo direcionamento para pesquisadores e profissionais da área.

## 5 CONCLUSÃO

À luz dos dados da prospecção bibliométrica, é inegável a crescente relevância e o impacto do estudo sobre poligeração híbrida, eficiência energética e suas interações com o setor hospitalar, em particular. Foram analisados desde a prevalência de determinados temas em categorias multidisciplinares até a progressão temporal dos tópicos de pesquisa. Está claro que o Gás Natural, em sua longa trajetória, e a eficiência energética, com sua crescente ênfase, são duas áreas interligadas na missão de criar ambientes hospitalares mais sustentáveis e eficientes. É essencial que futuras pesquisas e implementações considerem a expansão das bases de dados consultadas e a utilização de algoritmos de inteligência artificial para uma triagem mais abrangente, assim como as intrincadas interrelações desses temas, buscando soluções integradas que atendam às demandas complexas e dinâmicas dos hospitais. Ao mesmo tempo, este estudo ressalta a necessidade de preencher as lacunas na literatura, especialmente no contexto brasileiro, para catalisar avanços nessa área.

Notadamente, a poligeração híbrida, apesar de ser uma área promissora para a transição energética e sustentabilidade, ainda se encontra em estágios iniciais de fomento no meio acadêmico. No entanto, a decisão estratégica de direcionar o foco deste estudo para o segmento de saúde, mais precisamente um hospital, é um diferencial que não apenas confere visibilidade ao tema, mas também atribui um peso significativo. Hospitais são infraestruturas críticas, cuja demanda energética é constante e essencial para a manutenção da vida. Assim, explorar a geração de energia a partir de múltiplas fontes, especialmente o Gás Natural, é um movimento que não só alavanca a transição energética como também otimiza a eficiência energética em um hospital.

## REFERÊNCIAS

- ALEXIS, Georgios K.; LIAKOS, P. **A case study of a cogeneration system for a hospital in Greece: Economic and environmental impacts**. Applied Thermal Engineering, 54, 488–496, 2013.
- CARVALHO, Marco Aurélio de. **Prospecção tecnológica: uma revisão de literatura**. Revista Gestão & Tecnologia, 16(1), 268-287, 2016.
- COSTA, M. **Prospecção tecnológica: métodos e abordagens**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2012.
- DAIM, T. U.; Rueda, G.; Martin, H.; Gerdri, P. **Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis**. Technological Forecasting and Social Change, 73(8), 981-1012, 2006.
- DAINESE, E.; Walker, S.; Maassen, W.; Zeiler, W. **Towards zero energy hospital buildings: a polyclinic building as case study**. Web of Conferences – clima, 2019.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica, 2023**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 12/06/2023.
- GEHRKE, P.; Timm Goretti, A. A.; Avila, L. V. **Impacts of the energy matrix on brazilian sustainable development**. Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil: 2021.
- HOMA, M.; Pałac, A.; Zoł adek, M.; Figaj, R. **Small-Scale Hybrid and Polygeneration Renewable Energy Systems: Energy Generation and Storage Technologies, Applications, and Analysis Methodology**. Energies, 2022
- JANNUZZI, G. M. **Eficiência Energética**. In: **Cadernos Adenauer xv (2014), n. 3**. Eficiência energética. Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, janeiro 2015. pp. 107-118.
- PAGLIARINI, G.; Corradi, C.; Rainieri, S. **Hospital CHCP system optimization assisted by TRNSYS building energy simulation tool**. Applied Thermal Engineering, 44, 150-158, 2012.
- PINA, E. A.; Lozano, M. A.; Serra, L. M. **Opportunities for the Integration of Solar Thermal Heat, Photovoltaics and Biomass in a Brazilian Hospital**. International Solar Energy Society, EuroSun 2018, 2018a.
- PINA, E. A.; Lozano, M. A.; Serra, L. M. **Optimal design of polygeneration systems supported with renewable energy sources and energy storage for a Brazilian hospital**. Proceedings of ecos 2018 - the 31st international conference on efficiency, cost, optimization, simulation and environmental impact of energy systems, Guimarães, Portugal, 2018b.
- PORTER, Alan. L.; Cunningham, Scott. W. **Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage**. John Wiley & Sons, 2005.
- QUINTELLA, C. M. et al. **Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação**. Rev. Virtual Quim., [S.l.], v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011.
- RODRIGUES, L. A.; Baitelo, R.; Nitta, R. **Relatório de revolução energética, Greenpeace Brasil, cenário brasileiro 2016**. Greenpeace, Rio de Janeiro: 2016.
- ROMERO, A.; Carvalho, M.; Millar, D. L. **Application of a Polygeneration Optimization Technique for a Hospital in Northern Ontario**. MIRARCO, 2013.
- SANTO, D.B.E. **An energy and exergy analysis of a high-efficiency engine-trigeneration system for a hospital: A case study methodology based on annual energy demand profiles**. Energy and Buildings, 76, 185–198, 2014.
- SANTOS, W. P. C. dos (Organizadora). (2018). **Conceitos e aplicações de propriedade intelectual (Vol. I)**. Coleção PROFNIT. IFBA. Fortec. Salvador – Bahia.
- SCIELO CITATION INDEX. **Scielo collections Brazil, 2023**. Disponível em: <[https://www-webofscience.ez357.periodicos.capes.gov.br/wos/scielo/basic-search](https://www.webofscience.ez357.periodicos.capes.gov.br/wos/scielo/basic-search)>. Acesso em: 07/10/2023.
- SZKLO, A. S.; Soares, J. B.; Tolmasquim, M. T. **Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector**. Elsevier, Energy Conversion and Management, v. 45, p. 2075–2091, 2004.
- WEB OF SCIENCE. **Web of Science Core Collection, 2023**. Disponível em: <<https://www-webofscience.ez357.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>>. Acesso em: 07/10/2023.