

DESCARBONIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO PODER JUDICIÁRIO: TENDÊNCIAS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL

DECARBONIZATION AND SUSTAINABILITY IN THE JUDICIARY: TRENDS IN INTERNATIONAL SCIENTIFIC PRODUCTION

DESCARBONIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN EL PODER JUDICIAL: TENDENCIAS EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL

Edson Henrique de Oliveira Tannús¹

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1561-6517>

E-mail: ehotannus@tjgo.jus.br

Fernando Nunes Belchior²

Universidade Federal de Goiás, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1385-3374>

E-mail: fnbelchior@ufg.br

José Luis Domingos³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3634-3462>

E-mail: jose.domingos@ifg.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta uma análise bibliométrica sobre eficiência energética e descarbonização em edifícios públicos, com foco especial no Poder Judiciário brasileiro. A pesquisa identifica as principais tendências científicas internacionais sobre o tema, destacando a relação entre eficiência energética, redução das emissões de gases de efeito estufa e políticas públicas de sustentabilidade. Foram analisados 437 metadados de artigos indexados nas bases *Web of Science* e *Scopus*, abrangendo os últimos cinco anos, com apoio do software *RStudio* e do pacote

¹ Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Analista judiciário do Tribunal de Justiça do Estado de Goiás (TJGO). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5717894846571767>.

² Professor titular na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG), no campus Aparecida de Goiânia. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5823317463324641>.

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Mestre em Engenharia Elétrica pela UFU. Professor titular no campus Goiânia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4279987574648370>.

Bibliometrix. Os resultados evidenciam o protagonismo da China na produção científica e a carência de estudos voltados à realidade latino-americana, sobretudo no contexto institucional do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) e de sua Resolução n. 594/2024, que estabelece metas de decarbonização até 2030. Conclui-se que a integração entre *retrofit*, energias renováveis e gestão do ciclo de vida dos edifícios constitui o caminho mais promissor para atingir a neutralidade de carbono no setor público. O estudo reforça a importância de alinhar a pesquisa acadêmica aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 7 e 13, promovendo uma atuação mais sustentável e inovadora no âmbito do Poder Judiciário.

Palavras-chave: eficiência energética; decarbonização; edifícios públicos; gases de efeito estufa; Poder Judiciário.

Sumário

1 Introdução. 2 Método. 3 Considerações Finais. Referências.

Abstract

This article presents a bibliometric analysis on energy efficiency and decarbonization in public buildings, with a particular focus on the Brazilian Judiciary. The research identifies the main international scientific trends on the topic, emphasizing the relationship between energy efficiency, greenhouse gas emissions reduction, and sustainability-oriented public policies. A total of 437 metadata records from the Web of Science and Scopus databases, covering the last five years, were analyzed using RStudio and the Bibliometrix package. The results highlight China's leadership in scientific output and reveal a lack of studies addressing the Latin American context, especially within the institutional framework of the National Council of Justice (CNJ) and its Resolution n. 594/2024, which sets decarbonization targets for 2030. The findings indicate that integrating retrofit actions, renewable energy systems, and life-cycle management represents the most effective path toward carbon neutrality in the public sector. The study reinforces the importance of aligning academic research with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 7 and SDG 13, promoting more sustainable and innovative practices within the Judiciary.

Keywords: energy efficiency; decarbonization; public buildings; greenhouse gases; Judiciary.

Contents

1 Introduction. 2 Method. 3 Final Considerations. References.

Resumen

Este artículo presenta un análisis bibliométrico sobre la eficiencia energética y la decarbonización en edificios públicos, con especial atención al Poder Judicial brasileño. La investigación identifica las principales tendencias científicas internacionales sobre el tema, destacando la relación entre la eficiencia energética, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y las políticas públicas

orientadas a la sostenibilidad. Se analizaron 437 metadatos de artículos indexados en las bases de datos Web of Science y Scopus, correspondientes a los últimos cinco años, mediante el uso del software RStudio y el paquete Bibliometrix. Los resultados evidencian el liderazgo de China en la producción científica y la escasez de estudios aplicados al contexto latinoamericano, especialmente en el marco institucional del Consejo Nacional de Justicia (CNJ) y su Resolución n. 594/2024, que establece metas de descarbonización hasta 2030. Se concluye que la integración de medidas de retrofit, energías renovables y gestión del ciclo de vida de los edificios constituye el camino más eficaz hacia la neutralidad de carbono en el sector público. El estudio refuerza la importancia de alinear la investigación académica con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular los ODS 7 y 13, fomentando una actuación más sostenible e innovadora dentro del Poder Judicial.

Palabras clave: eficiencia energética; descarbonización; edificios públicos; gases de efecto invernadero; Poder Judicial.

Índice

1 Introducción. 2 Método. 3 Consideraciones finales. Referencias.

1 Introdução

As mudanças climáticas e o uso desenfreado de recursos naturais são destaques no contexto atual. Gradativamente, a sociedade sofre prejuízos, até mesmo com perda de vidas, devido às mudanças climáticas. O uso desses recursos naturais, por sua vez, agrava o problema das mudanças climáticas intensificadas pela utilização desenfreada de combustíveis fósseis e por ações crescentes de desmatamento.

Por isso, torna-se cada vez mais importante a busca por uma matriz energética mais limpa, bem como por um consumo mais racional dos recursos naturais. Esse movimento também é impulsionado pela busca de uma matriz energética de baixo carbono (Simone, 2019). Nesse contexto, a eficiência energética e o meio ambiente, segundo Panesi (2006), são aspectos fortemente relacionados, uma vez que o uso eficiente da energia conserva habitats, preservando o meio ambiente por meio da redução da demanda por energia.

Assim sendo, integrar fontes de energia renováveis, como painéis solares ou turbinas eólicas, ajuda a diversificar as fontes energéticas de prédios públicos, reduzindo sua dependência de fontes não renováveis que degradam a qualidade de vida no planeta. Portanto, tais intervenções não apenas reduzem os custos de energia, mas também conduzem os prédios públicos a implementarem ações de eficiência energética na busca de atingir a direção que leve a uma trajetória mais

sustentável e ecologicamente correta (Papadakis; Katsaprakakis, 2023).

Desse modo, a implementação de um programa de eficiência energética em Tribunais de Justiça tem grande potencial para gerar resultados expressivos, tanto em termos financeiros quanto em termos ambientais.

Outrossim, a redução no consumo de energia não trará apenas economia de recursos, mas também estará alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, em especial o ODS 7 e o ODS 13, que tratam de garantir o acesso à energia limpa e sustentável e o combate às alterações climáticas, como demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas



Fonte: GT Agenda 30 (2025).

Ademais, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ), órgão de controle representante do Poder Judiciário, assinou um compromisso para tornar a prestação jurisdicional mais limpa até 2030 (Brasil, 2021). O produto desse compromisso é uma série de resoluções que buscam racionalizar o serviço prestado pelo Poder Judiciário. A primeira delas é a Resolução n. 400/2021, que traz como inovação a introdução do Plano de Logística Sustentável (PLS) (Brasil, 2021). Esse plano visa a orientar as ações tomadas pelos tribunais, para que eles reduzam seus impactos ambientais.

Assim, em 2024, o CNJ lançou a Resolução n. 550/2024 com o fito de aprimorar os indicadores previstos na resolução anterior, além de exigir novas ferramentas de controle ambientais, como o inventário de gases de efeito estufa (Brasil, 2024a).

Diante dos extremos acontecimentos climáticos ocorridos em 2024, inundações no Rio Grande do Sul e seca nos rios da Bacia Amazônica, o CNJ considerou reavaliar seu posicionamento e firmou um compromisso para atenuar essa realidade de

mudanças climáticas. Foi firmado, assim, um plano de descarbonização do Poder Judiciário até 2030, por meio da Resolução n. 594/2024 (Brasil, 2024b).

Nesse contexto, este artigo faz uma pesquisa bibliográfica com o intuito de identificar como está o estado da arte sobre emissões de gases de efeito estufa em tribunais de justiça, destacando a relevância de projetos de eficiência energética alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 e 13. A bibliometria ajuda a identificar padrões, tendências e impactos na pesquisa científica, bem como a avaliar a produtividade e a influência de pesquisadores, instituições e países (Ruas; Miguel; Troysi, 2024).

A partir da bibliometria, pode-se responder perguntas básicas, como: o que está sendo estudado, onde está sendo realizada a pesquisa e quais autores mais produziram sobre o tema.

2 Método

A princípio, para realizar a pesquisa bibliométrica, foi feita uma busca na base de dados do *Web of Science* e da *Scopus*, no dia 12 de outubro de 2024. Na base de dados da *Web of Science* foram pesquisados os termos “*Energy efficiency*” e “*Public buildings*”, utilizando o operador booleano “AND” e buscando-se por publicações nos últimos 5 (cinco) anos. Dessa maneira, foi obtida uma lista com 212 metadados, extraída em formato .xls e adicionada ao *software RStudio* (RStudio Desktop - Posit, 2025). Importante registrar que a pesquisa retorna as publicações mais atualizadas até a data da busca.

Já na base de dados *Scopus*, utilizaram-se as mesmas palavras-chaves e o mesmo operador booleano, com a pesquisa por título de artigos, resumo e palavras-chaves, buscando por artigos publicados nos últimos 5 (cinco) anos. Assim, foram encontrados 419 metadados, extraídos em formato CSV e incorporados ao *RStudio*.

Ademais, utilizou-se o *software RStudio* para gerar dois *data frames* com as bases de dados da *Web of Science* e *Scopus*. Ao uni-los em um único *data frame*, foi possível excluir os artigos duplicados nas bases de dados, num total de 194 artigos, e constituir um *data frame* com 437 metadados.

Por fim, foram extraídas várias informações importantes desse *data frame*, como os autores que mais produziram conteúdos sobre o assunto, os anos em que o tema foi mais abordado, além dos países que mais pesquisam sobre a temática.

Com efeito, a palavra-chave mais utilizada foi “*Energy Efficiency*”, encontrada em 156 artigos, como demonstra a Tabela 1. Já as palavras-chaves “*Energy Utilization*” e “*Public Buildings*” também tiveram destaque em vários artigos. Esse fato retrata que a maioria dos artigos pesquisados foca na eficiência energética e na utilização de energia em prédios públicos.

A Figura 2 traz as palavras-chaves mais utilizadas pelos autores, revelando, assim, os principais tópicos estudados e como eles se relacionam entre si. No centro dessa estão destacadas as palavras mais citadas nos artigos.

Tabela 1 – Palavras-chave mais usadas

Palavras-chaves	Artigos
<i>Energy Efficiency</i>	156
<i>Energy Utilization</i>	66
<i>Public Buildings</i>	66
<i>Buildings</i>	46
<i>Energy-Consumption</i>	24
<i>Sustainable Development</i>	21
<i>Air Conditioning</i>	20
<i>Architectural Design</i>	18
<i>Building</i>	17
<i>Energy-Savings</i>	16

Fonte: elaboração própria.

Figura 2 – Nuvem de palavras

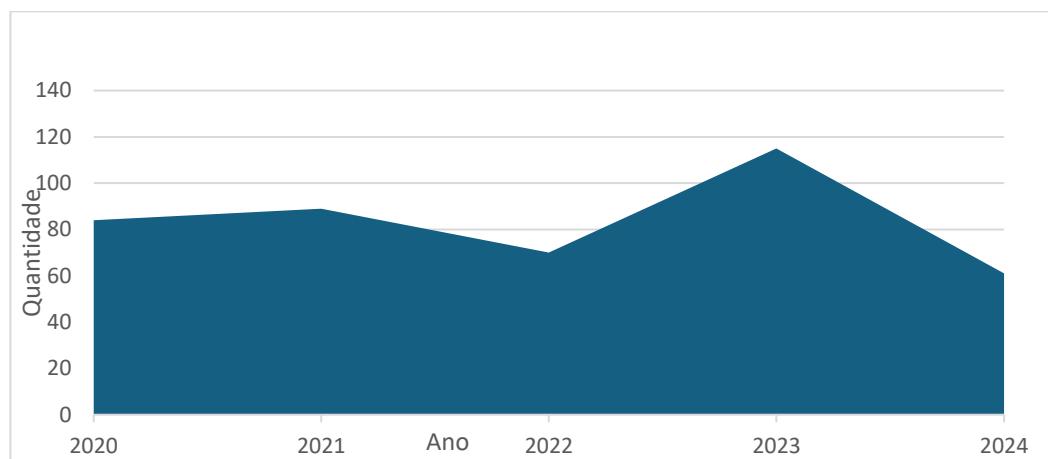


Fonte: elaboração própria.

Além disso, pode-se observar que a produção anual de artigos sobre o tema tem se mostrado estável e em um número relativamente alto, como mostra o Gráfico 1. Desse modo, infere-se que o tema está em voga, bem como o desenvolvimento de pesquisa a ele relacionado, indicando ser essa temática importante, além de ter envolvido pesquisadores na busca por soluções que resultem no uso mais eficiente

de energia.

Gráfico 1 – Produção anual de artigos



Fonte: elaboração própria.

A pesquisa também revelou que vários autores possuem 5 (cinco) artigos ou mais publicados nesses 5 (cinco) últimos anos, mas uma vez revelando que os pesquisadores estão muito produtivos e que a produção de conhecimento na área está acelerada, conforme pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Autores mais produtivos

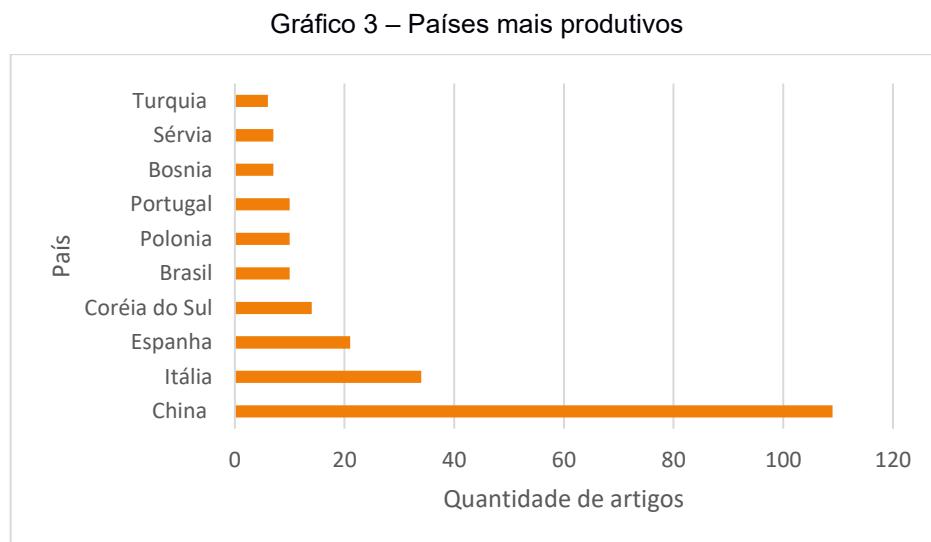


Fonte: elaboração própria.

Pode-se observar, também, que os 10 (dez) autores mais produtivos escreveram no mínimo 5 (cinco) artigos durante o período, uma média de 1 (um) por ano. Já o autor mais produtivo chegou a uma média de 2 (dois) por ano, demonstrando o interesse e a relevância do tema para a comunidade acadêmica.

Ainda, em relação ao local onde estão sendo desenvolvidos os artigos, a

pesquisa revelou que a maioria dos artigos produzidos se concentram na China, uma potência econômica que possui grande interesse em melhorar sua eficiência e sua matriz energética, conforme pode ser observado no Gráfico 3.



Fonte: elaboração própria.

Nesse contexto, e tendo por referência as palavras-chaves identificadas na Tabela 1, pode-se mencionar importantes pesquisas relacionadas a ações de eficiência energética nas edificações. Franco, Miserocchi e Testi (2021), por exemplo, realizaram um estudo comparando várias configurações de HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning* – Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado), com o intuito de encontrar a melhor configuração, que proporcionasse melhor conforto térmico, aliado a um menor consumo de energia.

Após a epidemia de Covid-19, algumas pesquisas buscaram avaliar aspectos relacionados à ventilação nos prédios, o que evitaria a propagação das doenças respiratórias. Nessa linha, Wang *et al.* (2021) propuseram um sistema de ventilação inteligente e de baixo consumo energético, baseado na detecção da densidade de ocupação dos prédios.

A pesquisa de Wang *et al.* (2021) comparou três modelos de ventilação: a ventilação fixa, a ventilação controlada por demanda e a ventilação inteligente. Assim, conseguiram estabelecer um sistema que se mostrou eficaz em reduzir a probabilidade de infecção para 2%, ao mesmo tempo que economiza 11,7% de energia elétrica em comparação ao sistema de ventilação fixo.

Enquanto isso, Heracleous *et al.* (2022) promoveram uma série de medidas de

retrofit, como isolamento das paredes, troca das janelas e a instalação de um sistema de geração fotovoltaico, em uma escola na Grécia. Por meio dessas intervenções, obtiveram uma redução no consumo de energia do prédio em torno de 68,7%, além de reduzir a emissão de CO₂ equivalente das atividades da escola em 66%.

Apesar de os artigos mencionados apresentarem correlações entre eficiência e redução de emissão de CO₂, a nova resolução do CNJ, a Resolução n. 594 (Brasil, 2024b), está fortemente relacionada ao tema da descarbonização.

Assim, para atender as novas demandas do CNJ, foi realizada uma nova pesquisa, em 18 de novembro de 2024, utilizando as mesmas bases de dados, *Web of Science* e *Scopus*, acrescentando uma nova palavra-chave relacionada ao tema de descarbonização.

Dessa vez, foram pesquisados na base de dados *Web of Science* os termos “*Energy efficiency*”, “*Public buildings*” e “*Carbon emission*”, utilizando o operador booleano “AND”, buscando-se por publicações nos últimos 5 (cinco) anos. Dessa maneira, foi obtida uma lista com 10 (dez) metadados, extraída em formato .xls e adicionada ao *software RStudio*.

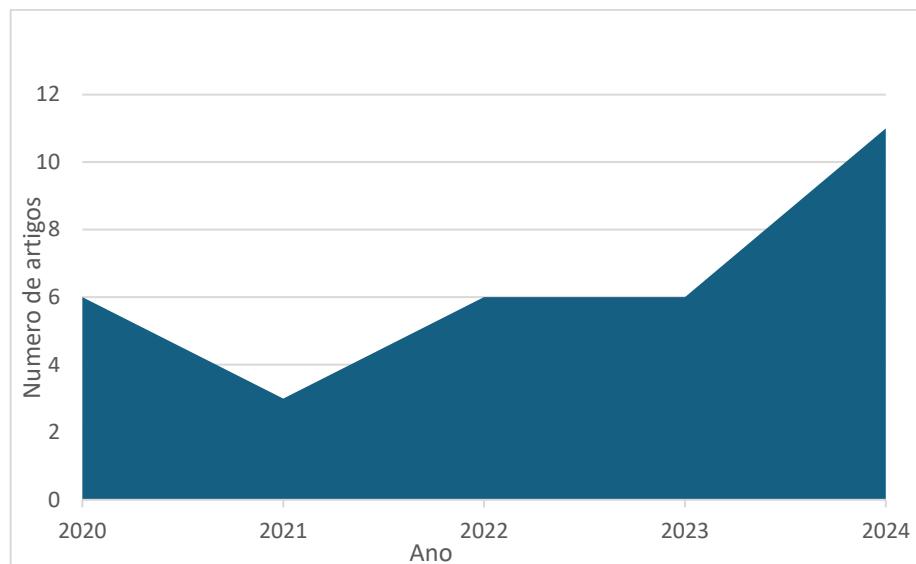
Na base de dados *Scopus*, por sua vez, foram utilizadas as mesmas palavras-chaves e o mesmo booleano, pesquisando por título de artigos, resumo e palavras-chaves, com o filtro de busca por artigos publicados nos últimos 5 (cinco) anos. Assim, foram encontrados 32 metadados, extraídos em formato .csv e incorporados ao *RStudio*.

Uma vez mais, utilizou-se o *software RStudio* para gerar dois *data frames* com as bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Ao unir ambos em um único data frame, tal qual feito anteriormente, foi possível excluir os artigos duplicados nas bases de dados (em um total de 9) e constituir um *data frame* com 33 metadados.

Desse *data frame*, por meio da funcionalidade *bibliometrix*, foi possível detectar a produção anual de artigos e os autores que mais publicaram sobre o assunto durante o período pesquisado, como mostram os Gráficos 4 e 5.

Assim, pode-se notar que, por ser um tema mais específico, existem menos artigos publicados por ano, como demonstra o Gráfico 4. No entanto, também é possível observar que o número de artigos publicados vem crescendo ao longo dos anos, o que pode significar um aumento de interesse da comunidade científica.

Gráfico 4 – Produção anual da segunda pesquisa



Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 5, por sua vez, retrata os autores com maior número de publicações nesta área de conhecimento, nos últimos 5 (cinco) anos. Do gráfico infere-se que são poucos os autores que publicaram sobre o tema. Por outro lado, isso representa uma oportunidade de pesquisa para futuros trabalhos.

Gráfico 5 – Autores mais produtivos da segunda pesquisa



Fonte: elaboração própria.

Entre os artigos apontados na pesquisa, diversos tinham como objetivo discutir políticas públicas, como os de Park e Kim (2022), que buscaram estimar as emissões de carbono e encontrar potenciais de redução de emissão nos edifícios do governo coreano.

Desse modo, fizeram uma previsão da área construída e, por meio de dados

de consumo de energia, puderam estimar cenários para reduzir o consumo de energia até 2050. Destarte, concluíram que a metodologia proposta é capaz de estabelecer metas regionais realistas para reduzir gases de efeito estufa.

Nesse contexto, Ahmat *et al.* (2025) promoveu um estudo na Malásia para estabelecer relações entre o crescimento econômico, o aumento do consumo energético, a utilização de combustíveis não renováveis e o aumento do lançamento de dióxido de carbono na atmosfera.

Por meio de correlações estatísticas, e utilizando dados de 1986 até 2021, os autores conseguiram demonstrar que o crescimento econômico está fortemente correlacionado ao aumento do consumo de energia. Este, por sua vez, encontra-se correlacionado ao aumento no consumo de fontes de energia não renováveis e, por fim, com o aumento do nível de CO₂, na atmosfera.

Ainda assim, também verificaram que o aumento de medidas para economizar energia e o uso de fontes de energia renováveis estão correlacionados diretamente com a diminuição do nível de CO₂ na atmosfera. Logo, puderam sugerir algumas medidas a serem tomadas pelos governantes da Malásia, para que o país consiga diminuir seu lançamento de gases de efeito estufa.

Com o propósito de analisar variações espaciais e temporais das emissões de carbono dos edifícios públicos na China, Du, Liu e Zhang (2022) analisaram dados de 2008 a 2019 para identificar fatores que influenciam essas emissões. Para a realização da análise, foi proposto um índice de edifícios verdes combinando regressão geográfica e temporalmente ponderada, considerando fatores como população, urbanização, PIB *per capita*, estrutura industrial e quantidade de construções verdes.

Outro aspecto importante observado pelo estudo é que políticas específicas para cada província seriam mais adequadas e eficientes em contraste com uma política de redução de emissões centralizada.

Já Li, Qiu e Wu (2021) analisaram as disparidades regionais nas emissões de CO₂ no setor de edificações por meio da KAYA, uma identidade matemática que relaciona as emissões fatores população, PIB *per capita*, intensidade energética e intensidade de carbono, o que resultou na identificação dos fatores macroeconômicos das desigualdades regionais nas emissões de gases de efeito estufa. Os autores concluíram que a intensidade energética e a composição da matriz energética de cada região são os principais fatores que influenciam a disparidade de emissões de gases

de efeito estufa nas várias regiões da China.

No mesmo país, Zhang, Liu e Ma (2023) promoveram um estudo para analisar as emissões de prédios públicos nas 30 (trinta) províncias chinesas, para que o governo nacional fosse capaz de traçar diretrizes e promover uma política de neutralidade de carbono até 2060. No estudo, foram utilizadas técnicas de análise de autocorrelação espacial, estimativa de densidade Kernel para tratar a evolução temporal e o modelo de decomposição *Logarithmic Mean Divisia Index* (LMDI – em português, Índice Divisia de Média Logarítmica) para identificar os fatores que impulsionam as emissões de gases de efeito estufa.

Com o intuito de prever o pico de emissões de carbono e traçar caminhos viáveis para reduzir as emissões no setor de edificações públicas na China, Zhang e Luo (2023) utilizaram a metodologia *Long-range Energy Alternatives Planning* (LEAP – em português, Sistema de Planejamento de Alternativas Energéticas de Longo Alcance/Longo Prazo).

Para isso, foram considerados três cenários: um de referência, outro de redução moderada e um terceiro de redução máxima. As medidas de mitigação incluem: aumento da eficiência energética de novos edifícios, *retrofit* de edifícios existentes, uso de energia renovável, eletrificação, limpeza da fonte térmica e descarbonização da rede elétrica.

Assim, puderam concluir que o controle da área de edificações públicas ajuda a antecipar o pico de emissões, mas é insuficiente para atingir as metas de carbono até 2030 e 2060. Ademais, a contribuição das ações internas do setor público atinge 53,12% da redução, enquanto as medidas externas, como descarbonização da rede, contribuem com 46,88%.

Com o objetivo de investigar estratégias de ciclo de vida para reduzir o consumo de energia e as emissões de carbono em prédios públicos, Guo, Zhang e Wang (2024) consideraram todas as fases, do projeto à demolição.

Dessa maneira, desenvolveram um modelo de otimização multiobjetivo, diagramas de fluxo de energia-carbono e módulos de simulação para orientar práticas sustentáveis. Foram analisadas técnicas de projeto passivo, materiais sustentáveis, sistemas HVAC eficientes e práticas de demolição responsáveis, aplicando conceitos de LCA.

Desse modo, concluíram que a gestão integrada do ciclo de vida é essencial para atingir a eficiência energética e a neutralidade de carbono em edifícios públicos.

As estratégias propostas oferecem um caminho prático para reduzir impactos ambientais em todas as etapas da vida útil dos edifícios, fornecendo diretrizes úteis para formuladores de políticas, projetistas e gestores públicos.

Outro tópico muito abordado nos artigos encontrados pela pesquisa foi a intervenção técnica em prédios públicos. Nesse interim, destacam-se Trovato, Nocera e Giuffrida (2020), em artigo no qual apresentam várias tecnologias de *retrofit* para melhorar a eficiência energética em prédios públicos da Itália. Outrossim, abordam uma sistemática econômica para a adoção de medidas de eficiência energética e redução da emissão de gases de efeito estufa em prédios públicos.

Neste estudo, os autores avaliaram os efeitos ambientais e econômicos do redesenho energético de um edifício público localizado em uma região mediterrânea, utilizando materiais sustentáveis de baixa emissão de CO₂. A pesquisa foi dividida em três etapas e, inicialmente, foi feita uma análise técnico-tecnológica avaliando o desempenho energético com a aplicação de tecnologias sustentáveis, como o uso de janelas de madeira com vidros duplos, entre outros.

Posteriormente, procedeu-se a uma avaliação ambiental com *Life Cycle Analysis* (LCA – em português, Análise de Ciclo de Vida). Essa metodologia foi combinada com o uso do software “*Design Builder*” e do banco de dados *ecoinvent (Database – Ecoinvent, 2025)*, para estimar a pegada de carbono em todas as fases da vida útil dos materiais de construção (produção, transporte, uso e descarte). A pegada de carbono foi expressa em kg de CO₂ equivalente por ano.

Por fim, realizou-se uma análise econômico-financeiro para constatar a viabilidade econômica e de sustentabilidade financeira das medidas de *retrofit*, por meio de análise de fluxo de caixa descontado (FCD), cálculo do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), retorno externo e *payback* descontado. A análise também incorporou os benefícios externos gerados pela redução de CO₂ com base em valores monetários estimados (como o custo social do carbono e o custo marginal de abatimento).

Por sua vez, Liu *et al.* (2023) usaram um algoritmo de inteligência artificial baseado nas redes neurais, para melhorar a eficiência energética dos prédios públicos por meio de uma otimização no sistema de ar-condicionado. Como resultado, há uma melhora na relação entre o consumo de energia e o conforto térmico e, com isso, uma redução na emissão de gases de efeito estufa.

Ainda na China, Wang *et al.* (2022) realizaram um estudo de caso em um

edifício de escritórios e comercial em Xangai. Nele, foram realizadas auditorias energéticas avaliando o consumo energético, as ações de eficiência energética tomadas, além de uma análise detalhada da instalação elétrica e de climatização do edifício. Por conseguinte, os autores citaram algumas soluções de eficiência energética que contribuíram para reduzir as emissões de CO₂.

Com efeito, Peng, Wei e Wei (2022) propõem um modelo de descarbonização “de baixo para cima” para o setor de edifícios públicos da China. Com base em dados reais de consumo de energia e estudo de casos práticos, constatou-se que 8% das emissões de carbono da China são provenientes dos prédios públicos. Destarte, sugeriram um modelo baseado na redução da demanda energética, na instalação de equipamentos com alta eficiência na conversão de energia, utilizando fontes de energia renováveis e fazendo uma gestão inteligente e de ciclo de vida completo.

Por seu turno, um projeto na Europa, de Ma *et al.* (2022), teve por finalidade desenvolver uma solução tecnológica integrada para melhorar a eficiência energética e o conforto térmico em edifícios comerciais e públicos de médio porte, utilizando uma abordagem que combina tecnologia a *Internet of Things* (IoT – em português, Internet das Coisas), plataformas em nuvens e ferramentas de diagnóstico e monitoramento em tempo real. Após essas medidas, espera-se uma diminuição no consumo de energia, acompanhada da redução de emissões de gás carbônico, além de uma melhoria no conforto térmico dos edifícios.

Com a intenção de avaliar as medidas de eficiência energética por meio do *retrofit* em envoltórias de prédios na China, Liu *et al.* (2022) utilizaram um *software* de modelagem de energia, comparando as condições existentes nos prédios com padrões de eficiência energética chinesa e outros parâmetros otimizados.

Com isso, houve melhorias nos envoltórias dos prédios, o que resultou numa economia de energia de 28% nos sistemas de aquecimento e resfriamento, diminuindo, por conseguinte, as emissões de gases de efeito estufa das edificações avaliadas.

Na mesma linha, Li, Chen e Yu (2024) exploraram estratégias de redesenho em escolas com o intuito de transformá-las em ambientes de baixo carbono dentro do conceito de cidades inteligentes. Para isso, foram implementadas simulações computacionais de fluidos de ventos e análises térmicas empregando diferentes tipos de isolamentos em uma escola chinesa. Por meio dessa estratégia de *retrofit* foi alcançada uma economia de 24% no consumo de energia, servindo, assim, de modelo

para futuras revitalizações, observando os aspectos de sustentabilidade no campus.

Pietrapertosa *et al.* (2020) priorizaram as intervenções de medidas de eficiência energética em prédios públicos municipais para reduzir as emissões de CO₂. Assim, foi aplicada a ferramenta DSTool (*DSTOOLS - File Exchange - Matlab Central*, 2025) para avaliar e hierarquizar melhorias possíveis em prédios da cidade de Potenza, na Itália. Por meio desse estudo puderam concluir que as intervenções em envelopes da edificação, sistemas de aquecimento, iluminação e a instalação de painéis fotovoltaicos podem reduzir cerca de 644 toneladas de CO₂/ano.

Com o objetivo de desenvolver uma estratégia de projeto para eficiência energética em edifícios das universidades chinesas, Liu e Ren (2020) propuseram soluções integradas desde a fase de planejamento arquitetônico até o uso de equipamentos. Para isso, fizeram uma investigação *in loco* em 10 (dez) universidades da China, realizando testes técnicos ambientais no verão e no inverno. Também foram feitas simulações no uso dos equipamentos eletrônicos das instalações, modelagem 3D de bibliotecas e dormitórios, além da análise de *layout* arquitetônico para melhorar a ventilação natural dos edifícios.

Destarte, foi proposto um modelo de estratégia integrada com cinco eixos: planejamento, forma arquitetônica, construção, sistemas (HVA e hidráulico) e uso de equipamentos. As simulações indicaram que medidas como melhor vedação, sombreamento e reforma do envelope podem reduzir significativamente o consumo energético.

Visando a criar edifícios inteligentes de consumo energético “quase zero” em Creta, Heracleous *et al.* (2023), além da melhoria da eficiência energética, também buscaram melhorar a mobilidade, instalando estações de carregamento elétrico para veículos.

Por meio de uma auditoria no sistema elétrico de uma escola, foram propostas medidas de redesenho na parte de isolamento térmico da escola, além da instalação de painéis fotovoltaicos no terraço.

Com isso, houve uma redução no consumo energético da escola e uma redução na emissão de gases de efeito estufa, uma vez que o transporte escolar passou a ser realizado por um ônibus elétrico, carregado na própria escola.

Ao analisar o uso de monitoramento avançado para otimizar o controle de sistemas de gestão predial, Franco, Crisostomi e Hammoud (2023) reduziram o consumo de energia em prédios públicos. A utilização de métodos de inteligência

artificial foi fundamental nessa empreitada, uma vez que a integração de monitoramento avançado e o uso da inteligência artificial podem melhorar significativamente a melhoria da qualidade do ar interno dos prédios, além de melhorar a performance energética dele.

Avaliando o potencial de remodelação verde, com o uso de sistemas de envelope pré-fabricados, Oh e Kim (2024) realizaram uma pesquisa de campo com imagens de mapas e simulações de energia para caracterizar os edifícios públicos existentes na Coreia do Sul.

Dessa maneira, pode inferir que o uso de envelopes pré-fabricados, utilizados como *retrofit*, oferecem alta viabilidade técnica e energética, servindo como estratégia-chave para promover prédios públicos sustentáveis no país.

Para propor uma metodologia aprimorada para calcular as emissões de carbono operacionais de edifícios, Yu *et al.* (2024) consideraram fatores dinâmicos de emissão de carbono, associados ao uso de energia no lado da demanda. O estudo foi estruturado em três fases: classificação do consumo energético, cálculo do fator dinâmico de emissão de carbono e um estudo de caso.

Com efeito, 76% das emissões eram provenientes do uso da energia elétrica, seguido por aquecimento, água e uso de gás. Além disso, a metodologia permitiu calcular emissões líquidas mais realistas: 92,4 kgCO₂e emitidos, com 27,8 kgCO₂e compensados por sumidouros (plantas e cimento), resultando em 64,6 kgCO₂e líquidos.

Por sua vez, Qian, Shi e Yang (2024) revisaram criticamente os avanços das práticas sustentáveis adotadas, nas últimas três décadas, em edifícios esportivos, com o intuito de torná-los mais sustentáveis. Foi feita uma revisão em mais de dois mil artigos, destacando tópicos como ventilação, consumo energético, conforto térmico, entre outros. Com isso, puderam observar que ainda há uma carência de abordagens integradas, considerando múltiplas tecnologias verdes e análises do ciclo de vida completo das edificações.

Nesse contexto, é oportuno observar que, ao aprofundar a pesquisa, obtém-se menos artigos encontrados, mas também pode-se detectar um crescente número de artigos escritos. Isso indica que a comunidade científica está começando a relacionar o tema da eficiência energética em prédios públicos às emissões de carbono.

3 Considerações finais

A importância da implantação de projeto de eficiência energética em Tribunais de Justiça visa a atender as demandas atuais da sociedade, que cada vez mais se preocupa com as mudanças climáticas e seus impactos sociais e econômicos. Além disso, procura atender às demandas das Nações Unidas, em especial ao ODS 7 e ao ODS 13, que abordam a temática da energia limpa e da mudança climática respectivamente.

Ademais, por determinação da Resolução n. 594/2024 do CNJ, a implantação de projetos de eficiência energética em Tribunais de Justiça passou a ser obrigatória, com o intuito de diminuir as emissões de carbono do escopo 2, que contempla emissões provenientes de consumo de energia elétrica.

Por meio da pesquisa realizada, foi possível constatar que a maioria das medidas em eficiência energética estão concentradas em medidas de *retrofit* nas áreas de revestimento e isolamento externo, no sistema de aquecimento e resfriamento e na implantação de geração fotovoltaicos.

Nessa perspectiva, para medidas que visem à descarbonização serem tomadas é necessário o envolvimento do poder público, estimulando ou determinando que elas sejam efetivadas.

Também pode-se inferir que a maioria dos prédios públicos que sofreram intervenções foram escolas e ginásios. No entanto, existem uma gama de outros prédios públicos, o que oferece um campo enorme para futuras pesquisas.

Ainda, foi possível constatar que a maioria dos estudos realizados se encontram na China. O país é uma potência industrial e uma das maiores produtoras de energia. O fato de ter uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis pode ter levado os pesquisadores a desenvolverem estudos para mudar essa realidade, de maneira a atingir metas de descarbonização, minimizando os efeitos adversos da emissão de gases de efeito estufa.

Nessa linha, a predominância de estudos chineses evidencia uma lacuna na literatura latino-americana. Tal ausência reforça a necessidade de pesquisas aplicadas aos tribunais brasileiros, em consonância com as metas de descarbonização do CNJ (Brasil, 2024b).

Isso posto, a pesquisa realizada mostra-se extremamente pertinente e revela o enorme desafio que a comunidade científica terá para abordar o tema, uma vez que

ele se encontra ainda em fase embrionária.

Referências

AHMAT, N. *et al.* The impact of energy consumption, economic growth, and non-renewable energy on carbon dioxide emission in Malaysia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, [s.l.], v. 15, n. 1, p. 143-152, 2025. DOI: 10.32479/ijep.17350. Disponível em: <https://econjournals.com/index.php/ijep/article/view/17350>. Acesso em: 12 nov. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. *Resolução n. 400, de 16 de junho de 2021*. Dispõe sobre a política de sustentabilidade no âmbito do Poder Judiciário. Brasília, DF: Presidência do CNJ, 2021. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3986>. Acesso em: 14 nov. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. *Resolução n. 550, de 3 de abril de 2024*. Altera a Resolução CNJ n. 400/2021, que dispõe sobre a política de sustentabilidade no âmbito do Poder Judiciário. Brasília, DF: Presidência do CNJ, 2024a. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/files/original124946202404196622686a83ab9.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. *Resolução n. 594, de 8 de novembro de 2024*. Institui o Programa Justiça Carbono Zero e altera a Resolução CNJ n. 400/2021. Brasília, DF: Presidência do CNJ, 2024b. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/5845>. Acesso em: 12 nov. 2025.

DU, Z. ; LIU, Y. ; ZHANG, Z. Spatiotemporal analysis of influencing factors of carbon emission in public buildings in China. *Buildings*, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 1-16, 2022. DOI: 10.3390/buildings12040424. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/4/424>. Acesso em: 13 nov. 2025.

FRANCO, A.; CRISOSTOMI, E.; HAMMOUD, M. Advanced monitoring techniques for optimal control of building management systems for reducing energy use in public buildings. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 2025-2035, jul. 2023. DOI: 10.18280/ijsdp.180704. Disponível em: <https://www.iieta.org/journals/ijsdp/paper/10.18280/ijsdp.180704>. Acesso em: 13 nov. 2025.

FRANCO, A.; MISEROCCHI, L.; TESTI, D. HVAC energy saving strategies for public buildings based on heat pumps and demand controlled ventilation. *Energies*, [s. l.], v. 14, n. 17, p. 1-19, 2021. DOI: 10.3390/en14175541. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/17/5541>. Acesso em: 13 nov. 2025.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA A AGENDA 2030 (GT AGENDA 30). ODS. [s. l.], [2015]. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

GUO, L.; ZHANG, K.; WANG, X. Research on lifecycle management of energy

consumption and carbon emissions in public buildings. *E3S Web of Conferences*, [s. l.], v. 561, p. 1-6, 2024. DOI: 10.1051/e3sconf/202456102001. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/91/e3sconf_eems2024_02001/e3sconf_eems2024_02001.html. Acesso em: 13 nov. 2025.

HERACLEOUS, C. et al. Energy retrofit of public educational buildings and sustainable mobility: case study in Crete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, [s. l.], v. 1196, p. 1-13, 2023. DOI: 10.1088/1755-1315/1196/1/012033. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1196/1/012033>. Acesso em: 13 nov. 2025.

HERACLEOUS, C. et al. A methodology to assess energy-demand savings and cost-effectiveness of adaptation measures in educational buildings in the warm Mediterranean region. *Energy Reports*, [s. l.], v. 8, p. 5472-5486, 2022. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.03.140. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722006953?via%3Dihub>. Acesso em: 13 nov. 2025.

LI, H.; QIU, P.; WU, T. The regional disparity of per-capita CO₂ emissions in China's building sector: an analysis of macroeconomic drivers and policy implications. *Energy and Buildings*, [s. l.], v. 244, 2021. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778821002954?via%3Dihub>. Acesso em: 13 nov. 2025.

LI, Y.; CHEN, H.; YU, P. Green campus transformation in smart city development: a study on low-carbon and energy-saving design for the renovation of school buildings. *Smart Cities*, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 2940-2965, 2024. DOI: 10.3390/smartcities7050115. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2624-6511/7/5/115>. Acesso em: 13 nov. 2025.

LIU, C. et al. Energy retrofitting assessment of public building envelopes in China's hot summer and cold winter climate region. *Buildings*, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1-17, 2022. DOI: 10.3390/buildings12111866. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/11/1866>. Acesso em: 13 nov. 2025.

LIU, Q., REN, J. Research on the building energy efficiency design strategy of Chinese universities based on green performance analysis. *Energy and Buildings*, [s. l.], v. 224, 2020. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.110242. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778820304941?via%3Dihub>. Acesso em: 13 nov. 2025.

LIU, Z. et al. A hybrid forecasting method for cooling load in large public buildings based on improved long short term memory. *Journal of Building Engineering*, [s. l.], v. 76, 2023. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.107238. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107238>. Acesso em: 13 nov. 2025.

MA, Z. et al. CELSIUS: an international project providing integrated, systematic, cost-effective large-scale IoT solutions for improving energy efficiency of medium- and large-sized buildings. *Energy Informatics*, [s. l.], v. 5, n. 41, p. 1-14, 2022. DOI:

10.1186/s42162-022-00221-8. Disponível em:
<https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-022-00221-8>. Acesso em: 13 nov. 2025.

OH, J. H.; KIM, S. S. Prefabricated envelope green remodeling potential of public office buildings in Korea. *Buildings*, [s. l.], v. 14, n. 7, p. 1-21, 2024. DOI: 10.3390/buildings14072182. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/7/2182>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PANESI, A. R. Q. *Fundamentos de eficiência energética*. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

PAPADAKIS, N.; KATSAPRAKAKIS, D. A. A review of energy efficiency interventions in public buildings. *Energies*, [s. l.], v. 16, n. 17, p. 1-34, 2023. DOI: 10.3390/en16176329. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/17/6329>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PARK, J.; KIM, S. How can we estimate carbon emissions and reduction of buildings at the local government level in South Korea? *Journal of People, Plants, and Environment*, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 535-543, dez. 2022. DOI: 10.11628/ksppe.2022.25.6.535. Disponível em: <https://jppe.ppe.or.kr/journal/view.php?doi=10.11628/ksppe.2022.25.6.535>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PENG, C.; WEI, Q.; WEI, W. Decarbonization path of China's public building sector from bottom to top. *Carbon Neutrality*, [s. l.], v. 1, n. 39, p. 1-17, 2022. DOI: 10.1007/s43979-022-00036-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43979-022-00036-2>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PIETRAPERTOSA, F. et al. How to prioritize energy efficiency intervention in municipal public buildings to decrease CO₂ emissions? A case study from Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, [s. l.], v. 17, n. 12, p. 1-14, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17124434. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4434>. Acesso em: 14 nov. 2025.

QIAN, F.; SHI, Z.; YANG, L. A Review of Green, Low-Carbon, and Energy-Efficient Research in Sports Buildings. *Energies*, [s. l.], v. 17, n. 16, p. 1-21, 2024. DOI: 10.3390/en17164020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/16/4020>. Acesso em: 14 nov. 2025.

RUAS, T. de S.; MIGUEL, M. P.; TROYSI, F. C. T. D. Explorando a Balística Terminal: uma perspectiva sob a ótica bibliométrica. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 12., 2024, Natal. *Anais* [...]. Natal: ABCM, 2024.

SIMONE, L. F. C. *Inserção da micro e minigeração distribuída solar fotovoltaica: impactos na receita das distribuidoras e nas tarifas dos consumidores*. 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-12082019-074055/pt-br.php>.

Acesso em: 13 nov. 2025.

TROVATO, M. R., NOCERA, F., GIUFFRIDA, S. Life-cycle assessment and monetary measurements for the carbon footprint reduction of public buildings. *Sustainability*, [s. l.], v. 12, n. 8, p. 1-25, 2020. DOI: 10.3390/SU12083460. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/8/3460>. Acesso em: 14 nov. 2025.

WANG, J. *et al.* Occupant-density-detection based energy efficient ventilation system: prevention of infection transmission. *Energy and Buildings*, [s. l.], v. 240, 2021. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.110883. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778821001675?via%3Dhub>. Acesso em: 14 nov. 2021.

WANG, X. *et al.* A study of energy utilization and carbon emission audit of a commercial mall in hot summer/warm winter region in China. *E3S Web of Conferences*, [s. l.], v. 356, p. 1-4, 2022. DOI: 10.1051/e3sconf/202235601036. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2022/23/e3sconf_roomvent2022_01036/e3sconf_roomvent2022_01036.html. Acesso em: 14 nov. 2025.

YU, K. *et al.* Analysis of demand-side energy resources and carbon emission for building operation considering dynamic carbon emission factor. In: 2024 9th ASIA CONFERENCE ON POWER AND ELECTRICAL ENGINEERING (ACPEE), 9., 2024, Shanghai, China. *Proceedings* [...]. Shanghai: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2024. p. 908-914. DOI: 10.1109/ACPEE60788.2024.10532645. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10532645>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ZHANG, C.; LUO, H. Research on carbon emission peak prediction and path of China's public buildings: scenario analysis based on LEAP model. *Energy and Buildings*, [s. l.], v. 289, 2023. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113053. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778823002839?via%3Dhub>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ZHANG, Z.; LIU, Y.; MA, T. Assessing spatiotemporal characteristics and driving factors of urban public buildings carbon emissions in China: an approach based on LMDI analysis. *Atmosphere*, [s.l.], v. 14, n. 8, p. 1-25, 2023. DOI: 10.3390/atmos14081280. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/14/8/1280>. Acesso em 14 nov. 2025.