



Impactos das edificações num contexto de transição energética – uma revisão sistemática

Impacts of buildings in the context of energy transition – a systematic review

SILVA, Luiz Paulo Pereira¹; OSCAR, Luiz Henrique Costa²; AMARIO, Mayara³; VASCO, Diego Andrés⁴; HADDAD, Assed Naked⁵; QUALHARINI, Eduardo Linhares⁶.

luiz.silva@poli.ufrj.br¹; lhcosta@poli.ufrj.br²; mayara_amario@poli.ufrj.br³; diego.vascoc@usach.cl⁴; assed@poli.ufrj.br⁵; qualharini@poli.ufrj.br⁶.

^{1,2,3,5,6} Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

⁴ Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Santiago de Chile, Chile

Informações do Artigo

Palavras-chave:
transição energética;
indústria da construção;
ESG

Keywords:
Energy transition;
Construction industry;
ESG

Resumo:

As edificações, enormes consumidoras de recursos naturais e energia em diversas formas, e, ainda, grandes geradoras de resíduos, consomem em média 30% da energia em uso na sociedade e contribuem com as emissões de Gases do Efeito Estufa. Nesse cenário, esta revisão sistemática de literatura tem por objetivo indicar os impactos das edificações num contexto de transição energética e apresentar as implicações ambientais, sociais e de governança no âmbito dessa indústria. Utilizou-se a metodologia PRISMA, atrelada à estratégia PICO, e contemplou-se análises bibliométricas e bibliográficas para responder às questões associadas ao objetivo: a. quais as várias dimensões nas quais a pesquisa dos impactos das edificações num contexto de transição energética se concentra e quais são os temas de pesquisa associados a essas dimensões?; b. quais são as implicações ambientais, sociais e de governança quando se estudam os principais impactos das edificações, num cenário de transição energética? e c. quais são as principais deficiências das abordagens atuais e o que seria uma boa agenda de pesquisa para o futuro acerca da transição energética das edificações? Os resultados encontrados foram categorizados por dimensões ESG elencando temas e planos de ação que ajudam a analisar o cenário atual e dão subsídios que permitirão o aprofundamento dos próximos estudos.

Abstract

Buildings consume an average of 30% of the energy in use in society and contribute significantly to Greenhouse Gas emissions, presenting themselves as a huge consumer of natural resources and energy in various forms and also a generator of waste. In this context, this systematic literature review aims to indicate the impacts of buildings in a context of energy transition and present the environmental, social and governance implications in the context of the construction industry, additionally pointing out the main deficiencies of the approaches in the current scenario. The PRISMA methodology linked to the PICO strategy was used and bibliometric and bibliographic analyzes were considered to

answer the questions associated with the objective: a. what are the various dimensions on which research into the impacts of buildings in an energy transition context focuses and what are the research themes associated with these dimensions?; b. What are the environmental, social and governance implications when studying the main impacts of buildings, within the context of the construction industry, in an energy transition scenario? and c. What are the main shortcomings of current approaches and what would be a good research agenda for the future regarding the energy transition of buildings? The results found were categorized by ESG dimensions, listing themes and action plans that help analyze the current scenario and provide support that will allow further studies to be carried out in depth.

1. Introdução

A construção civil transita entre a técnica mais adequada para intervenção no meio e as condicionantes que garantem o sucesso de um empreendimento, da sua criação à sua extinção, tendo como principais interessados os usuários e a sociedade civil. Nessa indústria, diversos são os impactos ambientais gerados e as soluções desenvolvidas para reduzi-los, em prol da tão verbalizada sustentabilidade que engloba, entre outras coisas, minimizar o desperdício de energia em qualquer uma de suas formas.

Nesse estágio de atenção, culminando na necessidade de transição energética, são crescentes as preocupações com os consumos edílios. Segundo o Relatório de Status Global para Edificações e Construção, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, a demanda de energia e as emissões do setor de construção representam mais de um quinto das emissões globais. De acordo com o mesmo documento, “em 2022, o setor foi responsável por 37% da energia operacional global e das emissões de CO₂ relacionadas a processos, aumentando para pouco menos de 10 Gt de CO₂. Seu consumo de energia chegou a 132 exajoules, mais de um terço da demanda global” [1]. Isso só reforça o que já era sabido há 15 anos, conforme a Avaliação de políticas públicas para redução da emissão de gases de efeito estufa em edificações:

As edificações consomem em média 30% da energia em uso na sociedade, causando níveis similares de emissões de gases do efeito estufa. Existem várias formas comprovadas de reduzir o uso de energia tanto para novas como velhas construções, mas a experiência tem mostrado que esta redução não irá acontecer sem a intervenção de políticas públicas. [2]

A indústria da construção sempre se mostrou como uma enorme consumidora de recursos naturais e energia em diversas formas e, ainda, geradora de resíduos. Na conjuntura atual, se há uma maior preocupação com a questão da sustentabilidade em todos os setores da sociedade, no ramo da construção civil não deve ser diferente [3].

A literatura recente sobre o delineamento das edificações – o principal produto da construção civil – destaca a importância de buscar melhoria da eficiência energética, o que exige a implementação de instrumentos políticos adequados [4]. Cumpre ressaltar o “papel proeminente que a eficiência energética dos edifícios pode desempenhar na definição da transição energética e do caminho da sustentabilidade” [5].

Diversos estudos concentram-se na experimentação de materiais e técnicas construtivas alternativas e/ou sustentáveis aplicados às edificações [3]. Merecem destaque, nesse sentido, os tópicos de flexibilização edílica e utilização de energia

limpa, com destaque para energia solar e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado [6, 7].

Outros, por sua vez, avaliam as implicações da subjetividade quanto ao tema eficiência energética das edificações, ao invés de análises puramente técnicas de construção civil [8].

Os especialistas que participaram do Programa Internacional de Pesquisa Energética em Edificações e Comunidades (EBC) da Agência Internacional de Energia (IEA), mais especificamente do IEA EBC Annex 79 (*Occupant-Centric Building Design and Operation*) definiram a flexibilidade de um edifício como "a capacidade de gerenciar sua demanda e geração de acordo com condições climáticas locais, necessidades do usuário e requisitos da rede". [9] *apud* [10]. O conceito possui enorme relevância quando tratada a interseção entre os temas construção civil, desempenho ambiental e fator social em termos de utilização, ocupação ou, ainda, destinação de um dado bem imóvel.

Além dos assuntos citados, há publicações com foco da literatura sobre temas mais específicos, como mercado de carbono [11], transferência de tecnologia [12], *learning machine* [6] e, até mesmo, gêmeos digitais [13].

Cumprido salientar que, se considerado o tripé ESG – *environmental, social, governance* – em voga atualmente, conforme discutem diversos pesquisadores, a aplicação prática ainda se encontra muito distante das análises teóricas [14, 15], especialmente quando considerada a realidade dos países em desenvolvimento. Nessa esteira, entender a lógica das influências da transição energética em cada âmbito dentro da estratégia ESG é de primordial importância para garantir a concretude das implementações.

Além disso, a cada dia, ganha mais força um movimento de transição que caracteriza o momento presente como uma nova era de negócios regenerativos, em que há interesses em atuação ativa com modelos simplesmente restaurativos, do ponto de vista dos

stakeholders e da própria transação. Estes modelos transbordam conceitos da chamada era da sustentabilidade ao passo vão além do simples resultado nulo de impacto (intitulado *net zero*) ou neutralidade de carbono ao longo de sua cadeia produtiva, uma vez que incentivam a criação de formatos que favorecem não apenas a preservação, mas a restauração dos ecossistemas a que pertencem [15].

A literatura nos mostra que há quatro sistemas onde podem ocorrer tal regeneração: nos processos de negócios em si, na economia (circular), nos *stakeholders* e na cultura da organização [16]. Sob a ótica dos dois primeiros, é preciso compreender que as transformações ocorrem no âmbito do modelo de negócios. E, dos demais, ela se desperta no nível da autoconsciência; há vinculação, portanto, com diferentes *stakeholders*, gerando protagonismo na cadeia de impactos. Em virtude dessa qualidade, inserem-se, justamente, na região de mescla (ou interseção) do tripé ESG, onde são afetados e afetam a realidade social com impactos significativos ao meio ambiente orquestrados em termos de governança por meio de ações não apenas privadas, mas, especialmente, públicas. Cabe ressaltar que, através de políticas fiscais, a administração pública intervém no mercado com vistas ao desenvolvimento, expandindo-o ou o retraindo, conforme conveniências e oportunidades verificadas [17]. Além do poder de regulação, o setor público é dotado, ainda, da função de oferta de bens e serviços de interesse público (por vezes direcionados a determinados grupos com demandas específicas) objetivando a redução das discrepâncias sociais e preservação ambiental, para manutenção da vida em sua melhor forma.

Sob essa ótica de modelo de negócios, com inclinação ao tema governança e enxergando através de lentes focadas no atendimento ao interesse público, ou seja, considerando, mais especificamente, a oferta das políticas públicas (para além do mercado privado, competitivo em si), tem-se que os

empreendimentos integrantes de políticas públicas (habitacionais) estão inseridos numa realidade um tanto peculiar, de inovação frugal [18], compostos por quatro requisitos básicos, conforme mostrado na Figura 1. Entretanto, na prática, ainda não há grandes incentivos governamentais na maioria dos países em desenvolvimento para que esta prática entre em vigor e se consolide, motivadamente pelo controle das rédeas do mercado imobiliário pela iniciativa privada [3]. Em poucos exemplos ao redor do globo, como Gana, essa estratégia já começou a ser inserida no desenvolvimento de empreendimentos dentro da política pública habitacional [18].

Figura 1 – Requisitos básicos da intitulada “inovação frugal”



Fonte: <https://sebrae.com.br>

Ações classificadas como inovação frugal são fundamentais no processo de transição energética necessária ao cumprimento das agendas ambientais ao redor do globo.

Em vista disso, a proposta deste trabalho é desenvolver critérios objetivos bem definidos para uma categorização dos impactos das edificações num contexto de transição energética, que abranja os aspectos da estratégia ESG, considerando as últimas tendências mercadológicas consonantes com as agendas políticas socioambientais.

A novidade deste estudo consiste em apresentar um quadro classificatório que abranja esses aspectos – ambiental, social e de governança – na mescla do tema transição energética com o produto mais comum da

indústria da construção civil – a edificação – seja patrocinado pelo setor público ou inserido no contexto do mercado imobiliário. Não há uma vasta gama de revisões de literatura sobre esse tema. No entanto, alguns estudos descrevem principalmente oportunidades e desafios do setor, mas sem propor uma estrutura de classificação para a inserção da indústria da construção civil no cenário de transição energética.

Essa é justamente a principal contribuição do artigo em tela: a proposta de um *framework*, baseado na literatura, que identifica a estreita relação entre aspectos da estratégia ESG, conectando-os com as abordagens, técnicas e desafios que se vislumbram. Para alcançar este objetivo, a revisão de literatura apresentada neste trabalho teve como objetivo abordar as seguintes questões críticas de pesquisa:

a. Quais são as várias dimensões nas quais a pesquisa dos impactos das edificações, num contexto de transição energética, se concentra e quais são os temas de pesquisa associados a essas dimensões?

b. Quais são as implicações ambientais, sociais e de governança quando se estudam os principais impactos das edificações, dentro do contexto da indústria da construção civil, num cenário de transição energética?

c. Quais são as principais deficiências das abordagens atuais e o que seria uma boa agenda de pesquisa para o futuro acerca da transição energética das edificações?

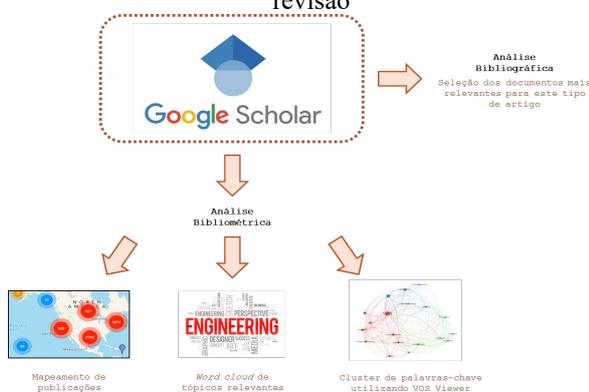
A estrutura do artigo é a seguinte: a seção 2 descreve o método de revisão adotado para pesquisa bibliográfica e apresenta os resultados das análises bibliométricas e bibliográficas. A estrutura de classificação proposta nesta revisão é desenvolvida nesta seção. Na seção seguinte, de número 3, tem-se uma abordagem das questões colocadas acima e, ainda, uma discussão sobre as conclusões gerais. Por fim, a Seção 4 propõe uma futura agenda de pesquisa sobre as edificações no contexto de transição energética, juntamente com as considerações finais.

2. Materiais e Métodos

Na tentativa de abordar as questões de pesquisa colocadas acima, uma revisão sistemática de literatura foi conduzida, por meio da qual considerações ambientais, sociais e de governança foram examinadas. Foram realizadas análises bibliométrica e bibliográfica. A primeira identificou os diversos tópicos que examinaram o tema por meio de verificação de citações e agrupamento de palavras-chave. Em seguida, realizou-se uma análise bibliográfica para apreender qualitativamente as iniciativas que estavam ocorrendo dentro de um tópico específico, revisando o conteúdo do artigo. Ambos os tipos de análise foram necessários a fim de desenvolver uma compreensão holística da literatura atual [19].

A Figura 2 ilustra as diferentes etapas que foram utilizadas para construir o procedimento sistemático para este estudo.

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento deste artigo de revisão



Fonte: desenvolvido pelo autor

As principais etapas iniciais são resumidas na sequência:

Etapa 1: Pesquisa e coleta de materiais relevantes.

Etapa 2: Registro e avaliação descritiva da literatura examinada.

Etapa 3: Proposta de uma estrutura de classificação que enquadre os estudos selecionados.

Etapa 4: Discussão acerca do material selecionado na Etapa 1, tomando por base a

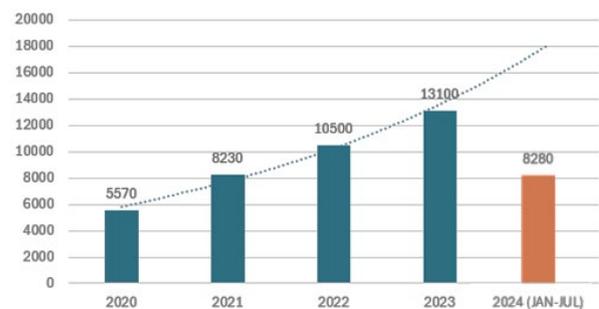
classificação estruturada desenvolvida na Etapa 3

2.1 Seleção de materiais relevantes

Nesta fase, um robusto corpo de literatura foi coletado, através de uma busca estruturada por meio de palavras-chave predefinidas. Conforme elucidado na Figura 2, a busca utilizou a base de dados de artigos indexados no *Google Scholar* e foram empregadas as palavras-chave "*buildings and energy transition*". O conector foi escolhido como uma forma de restrição dos resultados.

O estabelecimento de um marco inicial para a linha do tempo, de modo a contemplar todo material dos últimos 5 anos (2020 a julho de 2024, data de realização da pesquisa), foi importante para reduzir o total de resultados. Ainda assim, esse refinamento resultou num total de 45 (quarenta e cinco) mil textos de 2020 e 2024 (1º semestre), distribuídos conforme indicado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 – Evolução das publicações com o tema "affordable housing" desde 2020



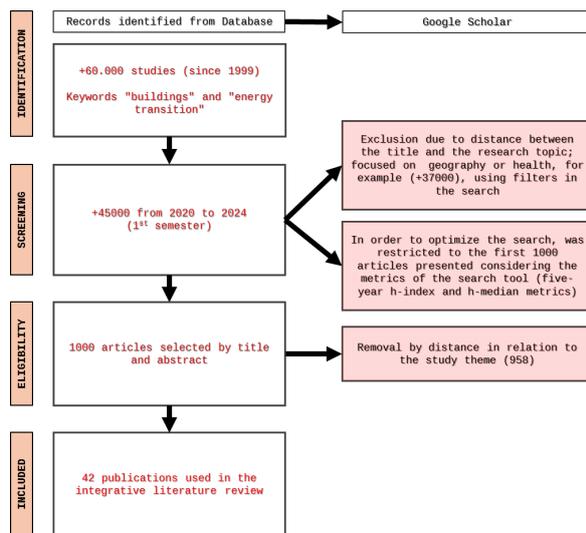
Fonte: desenvolvido pelo autor

Uma linha de tendência (exponencial) aplicada ao gráfico indicou que os valores poderão alcançar o marco de 18 (dezoito) mil publicações apenas em 2024.

Devido ao elevado número de resultados da pesquisa, foi necessário refinar ainda mais as buscas.

A Figura 4 ilustra como se deu o refinamento supracitado.

Figura 4 – Refinamento dos documentos



Fonte: desenvolvido pelo autor

2.2. Análise descritiva (bibliométrica)

Ao rastrear a taxa de publicação do assunto de 2020 a 2024, a curva de evolução das publicações sobre o tema indicou que o número de estudos tem apresentado aumento considerável, o que pode ser explicado pela crescente atenção que o assunto “transição energética” tem recebido, especialmente pelas diversas implicações para o planeta e suas populações.

Essa situação ocorre a nível mundial e isso pode ser verificado pelo fato dos artigos incluídos nesta revisão se originarem de diversos países, num total de 21 nações. A Tabela 1 mostra a distribuição dos artigos analisados em suas mais diversas origens. Embora a Itália seja a maior fonte de informações relevantes sobre o assunto, Espanha e Holanda aumentaram sua produção nos últimos anos. Também é importante notar que, neste estudo, apenas artigos em inglês foram considerados para fins de revisão, o que pode influenciar diretamente em seus resultados.

Tabela 1 – Origem das publicações

Alemanha	1
Árabia Saudita	1
Canadá	1
China	1
Coreia do Sul	2
Croácia	2
Emirados Árabes Unidos	1
Espanha	4
Finlândia	2
Grécia	1
Holanda	3
Índia	1
Itália	12
Lituânia	1
Marrocos	1
Países Baixos	1
Portugal	1
Reino Unido	2
Singapura	1
Suécia	1
Suíça	2

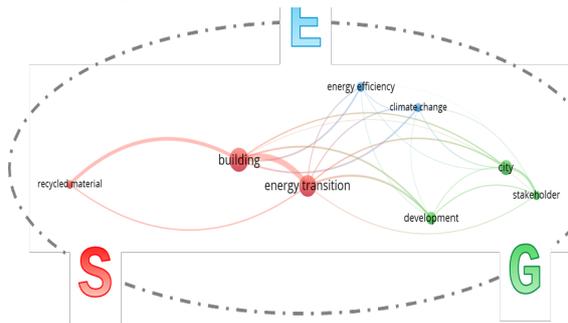
Fonte: desenvolvido pelo autor

Utilizou-se o *software MS Excel* para plotagem das informações no mapa exibido na figura do Apêndice A; o aplicativo utiliza, entre outros, a Plataforma Bing na geração do mapa. Os países de origem dos documentos analisados são definidos pelo endereço profissional do autor principal de cada material.

A análise descritiva deste trabalho envolveu uma análise bibliométrica, que exigiu o upload de todas as informações de citação dos artigos considerados (título, resumo, autor e palavras-chave) no *software VOS Viewer* e criando grupos de palavras-chave. Cada cluster foi criado usando a opção de contagem binária, a fim de remover documentos duplicados. Depois de realizar a primeira análise, o *software VOS Viewer* identificou quantas palavras relevantes apareceram nos campos de título e resumo de todos os documentos enviados.

A Figura 5 traz o resultado apresentado pela análise através do *software VOS Viewer*.

Figura 5 – Network visualization



Fonte: desenvolvido pelo autor

Quando se analisa todo o diagrama, percebe-se que há uma correlação justificável entre as expressões apresentadas. Ela foi muito bem resumida no Relatório de Status Global para Edificações e Construção, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA:

A transição energética para edifícios (net zero) exige o uso estratégico de ferramentas políticas e financeiras. Ao utilizar ferramentas políticas, tais como o desenvolvimento de capacidades, mandatos e incentivos em colaboração com ferramentas financeiras (subvenções, instrumentos de capital, ferramentas de mitigação de riscos, contratos, modelos de financiamento de ativos e outros), as barreiras ao investimento em tecnologias de eficiência energética e de baixo carbono podem ser superadas. [1]

Como se pode observar, é possível, ainda, de forma complementar, classificar cada cluster dentro da estratégia ESG.

Sob esse ponto de vista, tem-se que o aspecto social engloba as ações de natureza humana para transição energética, promovendo-a ou como resultado da adaptabilidade exigida por ela. A dimensão social da ESG envolve criar um impacto positivo nas comunidades e nas pessoas. Edificações eficientes e sustentáveis podem melhorar a qualidade de vida dos ocupantes, proporcionando ambientes mais saudáveis, confortáveis e econômicos., alinhando-se com os princípios de responsabilidade social [3].

No atributo ambiental, para edificações, a transição energética contribui diretamente para as metas ambientais, como a redução das

emissões de carbono e o uso eficiente dos recursos naturais [3].

Acerca dos parâmetros de governança tem-se a busca pelo desenvolvimento das cidades pelos *stakeholders* de forma eficaz, com políticas claras e estratégias bem definidas para atingir os objetivos de sustentabilidade, o que inclui a gestão dos recursos, o cumprimento de regulamentações ambientais e a transparência na comunicação dos impactos.

Das avaliações realizadas utilizando-se os resultados do software *VOS Viewer*, chegou-se aos termos mais relevantes, que se encontram na nuvem de palavras da Figura 6, desenvolvido por meio de uma ferramenta online disponível em *wordart.com*.

Figura 6 – Nuvem de palavras (word cloud ou, simplesmente, nuvem de tags)



Fonte: desenvolvido pelo autor

2.3. Análise Descritiva (bibliográfica)

Foram escolhidos e expandidos nos quadros do Apêndice B os artigos correlatos a cada uma das áreas de classificação ou dimensões ESG, contendo seus objetivos, metodologia e resultados, com base em seu tema associado.

3. Resultados e Discussão

Nesta seção, as perguntas feitas no início são respondidas mediante resultados obtidos pela revisão da literatura:

(a) Foi possível determinar em quais dimensões estão inseridos os tópicos principais dos estudos selecionados, mediante resultados da análise bibliométrica desenvolvida pelo *VOS Viewer* e avaliação minuciosa de cada um, conforme apresentado na Tabela 2.

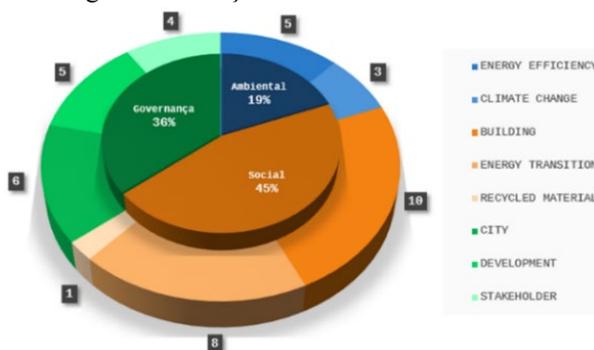
Tabela 2 – Origem das publicações

Dimensão (E - S - G)	Tópico	Quantitativo De Documentos	
Environmental	Energy Efficiency	05	08
Environmental	Climate Change	03	
Social	Building	10	19
Social	Energy Transition	08	
Social	Recycled Material	01	
Governance	City	06	15
Governance	Development	05	
Governance	Stakeholder	04	

Fonte: desenvolvido pelo autor

A transição energética e os impactos em edificações pelas dimensões social, ambiental e de governança são transversais e guardam relação com temas indicados na Figura 7, conforme aspectos indicados nos quadros 1, 2 e 3, constantes no Apêndice B.

Figura 8 – Relação entre temas e dimensões



Fonte: desenvolvido pelo autor

Sobre a transversalidade justaposta, é possível arrazoar sobre os tópicos inseridos em cada diferente aspecto da estratégia ESG, separadamente:

(i) Ambiental: Quanto às mudanças climáticas e redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), a integração de tecnologias inteligentes (IPI/SRI) em edifícios inteligentes e o uso de gêmeos digitais ajudam a melhorar a eficiência energética, reduzir o consumo de energia e, conseqüentemente, diminuir as emissões de GEE [13]. A descarbonização do setor da construção, mediante adoção de fontes de energia renovável, como painéis solares fotovoltaicos montados em telhados e o uso de nanopartículas de biodiesel, é destacada como prioritária para reduzir a pegada de carbono de edifícios [7]. A descarbonização global dos edifícios residenciais tem ocorrido, com uma eficiência média anual de 9,4% [20].

A implementação de soluções, como controle de resfriamento e aquecimento de espaços, aproveitamento de calor residual, lâmpadas energeticamente eficientes, e classificação de eficiência energética de aparelhos elétricos, é crucial para a redução do consumo de energia e da pegada ambiental dos edifícios [7].

(ii) Social: A transição energética deve considerar a redução da pobreza energética, especialmente em segmentos vulneráveis da população, numa lógica de justiça energética que promova a inclusão social. Novas formas de propriedade e produção de energia, como as aplicadas em países em desenvolvimento, podem reduzir as despesas energéticas das famílias e melhorar seu comportamento energético [21].

Além disso, a participação comunitária e a autossuficiência coletiva, com mudanças no consumo, evoluindo ao autoconsumo coletivo em comunidades aumenta a autossuficiência energética, alcançando patamares em torno de 34% [22]. Isso demonstra o potencial das abordagens comunitárias para melhorar a resiliência social e promover práticas

sustentáveis entre os moradores, com destaque para a reciclagem.

Nesta esteira, a busca pela renovação sustentável de edifícios tem um impacto positivo no comportamento dos ocupantes em relação à preservação do meio ambiente em todas as suas formas, com vistas às populações futuras, embora existam barreiras sociais e de conscientização que precisam ser superadas para alcançar um engajamento mais amplo [23].

(iii) Governança: A necessidade de regulamentações adaptadas para alcançar os objetivos de desfossilização é evidente [24]. Recomenda-se o desenvolvimento de políticas específicas, como, por exemplo, a continuidade dos incentivos de medição líquida e mandatos solares, para apoiar a transição energética [25].

A governança deve focar em superar barreiras financeiras e estruturais, como a falta de incentivos para a partilha coletiva de energia e o apoio inadequado para indivíduos sem capacidade de fazer investimentos iniciais em tecnologias renováveis [26]. Cada stakeholder deve conhecer sua função dentro do cenário de transição energética, desde o governo com sua função reguladora até o consumidor final, passando pelos produtores, fornecedores e outros.

O exemplo do Roteiro de Amsterdã ilustra a importância do planejamento urbano para tornar as cidades neutras em carbono e energia [27], com ampla participação. No entanto, o sucesso do planejamento e desenvolvimento de cidades mais sustentáveis depende de um esforço considerável em transformar, renovar e adaptar infraestruturas urbanas existentes.

b. Sobre as implicações Ambientais, pode-se discutir:

- Redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE): a adoção de práticas de construção sustentável, como o uso de materiais reciclados e tecnologias de eficiência energética, contribui significativamente para a redução das emissões de GEE, incorporadas em até 3,3%

[28]. Isso implica na necessidade de estratégias para minimizar o impacto ambiental da construção e operação dos edifícios, através da implementação de tecnologias de geração de energia renovável e otimização do uso de energia;

- Uso de recursos naturais e impacto no ecossistema: a transição energética implica na redução do uso de recursos naturais através da reciclagem de materiais de construção, uso eficiente de energia, e adoção de tecnologias que minimizem o impacto no ecossistema, como a energia solar e sistemas de armazenamento de energia [22]. Isso também envolve a consideração dos impactos sobre a biodiversidade e a mitigação de impactos negativos em habitats naturais;

- Aceleração da descarbonização do setor da construção: com políticas que incentivam a adoção de tecnologias de baixo carbono, o setor da construção é pressionado a acelerar sua descarbonização [29]. A transição energética pode requerer novos padrões de construção e modernização de edificações, que reduzem a pegada de carbono durante todo o ciclo de vida do edifício.

Implicações Sociais:

- Pobreza energética e acessibilidade: a transição energética pode exacerbar ou mitigar a pobreza energética, dependendo de como as políticas são desenhadas. Se a transição for mal conduzida, pode aumentar o custo de vida para populações vulneráveis devido a maiores custos iniciais de tecnologias sustentáveis [30]. Por outro lado, políticas bem direcionadas podem reduzir custos de energia a longo prazo, aumentando a acessibilidade a soluções energéticas limpas para todos;

- Impacto na coesão social e participação comunitária: a transição energética pode promover a coesão social por meio de iniciativas comunitárias, como projetos de autoconsumo coletivo e geração distribuída [22]. Isso pode incentivar a participação ativa da comunidade na gestão de recursos energéticos e promover comportamentos

sustentáveis, desde que sejam desenvolvidas estruturas de apoio e incentivos adequados;

- Justiça intergeracional e equidade social: a transição energética pode afetar de forma diferente diversas faixas etárias e grupos sociais. O impacto na equidade social depende da distribuição justa dos benefícios e custos da transição, assegurando que todos os grupos, incluindo gerações futuras, tenham acesso equitativo a energia limpa e eficiente [31].

Implicações de Governança:

- Necessidade de políticas públicas eficientes e regulação: a transição energética em edificações exige um quadro regulatório claro e eficaz que incentive práticas sustentáveis na construção e modernização de edifícios [32]. Isso inclui políticas para apoiar tecnologias de energia renovável, incentivos para eficiência energética, regulação de padrões de construção e esquemas de financiamento inovadores que viabilizem o investimento em sustentabilidade;

- Desafios na implementação e coordenação multissetorial: a transição energética envolve múltiplos stakeholders, como governos, empresas, proprietários de edifícios, e comunidades locais [33]. A governança eficaz requer coordenação entre diferentes níveis de governo, setores privados e públicos, e organizações da sociedade civil para garantir uma abordagem integrada que maximize os benefícios ambientais e sociais;

- Transparência e responsabilização: para alcançar os objetivos de sustentabilidade, as entidades envolvidas precisam garantir transparência e responsabilização nas ações e investimentos relacionados à transição energética. Isso implica na criação de mecanismos de monitoramento e avaliação contínuos para medir o impacto das políticas e práticas, além de assegurar que todos os atores estejam comprometidos com os objetivos de descarbonização e eficiência [14].

c. Sobre as principais deficiências das abordagens atuais e o que seria uma boa agenda de pesquisa para o futuro acerca da

transição energética das edificações, tem-se que a análise permitiu identificar as principais deficiências das abordagens atuais e uma proposta para uma agenda de pesquisa futura acerca da transição energética das edificações.

Falta de incentivos e/ou mecanismos financeiros eficientes são um problema recorrente. As abordagens atuais muitas vezes não oferecem incentivos financeiros adequados para apoiar a implementação de tecnologias de energias renováveis e eficiência energética em edifícios. Regimes de financiamento raramente incentivam a partilha coletiva de energia ou o “prosumerismo” (produção e consumo próprios de energia), favorecendo apenas indivíduos que têm capital inicial para investir [34]. Isso torna as tecnologias de energia sustentável inacessíveis para uma grande parte da população.

A fragmentação e inconsistência na regulação relacionadas à transição energética dificultam a implementação de soluções de baixo carbono de forma coesa e eficiente [35]. A falta de um marco regulatório unificado e claro para a descarbonização do setor de construção e a promoção de tecnologias renováveis representa um grande obstáculo.

Adicionalmente, muitas iniciativas de transição energética não adotam uma visão holística, o que leva a uma implementação limitada ou a uma avaliação centrada apenas em resultados específicos, como a redução de custos, sem considerar os impactos sociais e ambientais mais amplos. A ausência de uma abordagem integrada que conecte as dimensões ambiental, social e de governança limita o sucesso e a sustentabilidade de tais intervenções [5].

Há, ainda, uma falta de conscientização e engajamento efetivo da população em relação às práticas de eficiência energética e uso de energias renováveis [23]. As normas sociais frequentemente não apoiam comportamentos sustentáveis, e há uma lacuna entre o conhecimento técnico disponível e a aplicação prática pelas comunidades.

As deficiências na coleta de dados e seu monitoramento impedem o registro de dados precisos, fidedignos, relevantes, atualizados e fidedignos para avaliar a eficácia das políticas de transição energética [36]. Isso limita a capacidade de realizar avaliações robustas e ajustar as estratégias coesas conforme necessário.

Para vencer os obstáculos supracitados, uma boa agenda de pesquisa para o futuro acerca da transição energética das edificações pode investigar e testar mecanismos financeiros inovadores que incentivem a adoção de tecnologias de energia renovável e práticas de eficiência energética em edifícios. Pesquisar novos esquemas de financiamento, como bônus governamentais, parcerias público-privadas, e *crowdfunding*, para tornar essas tecnologias acessíveis a todas as camadas da sociedade [37].

De forma complementar, é possível estudar formas de criar políticas públicas mais integradas e coesas que considerem as interdependências entre as dimensões ambiental, social e de governança. Analisar a eficácia de marcos regulatórios que incentivem a cooperação entre diferentes setores e níveis de governo, bem como a implementação de tecnologias emergentes de baixo carbono [32].

No âmbito social, há espaço para pesquisas acerca das estratégias para aumentar a conscientização e o engajamento das comunidades na transição energética, incluindo a análise de abordagens centradas no usuário que envolvam múltiplos stakeholders, como proprietários de edifícios, inquilinos, e governos locais. Explorar o impacto de intervenções comunitárias, como autoconsumo coletivo e geração distribuída garante a promoção de justiça social e participação ativa [22].

Investigar o uso de tecnologias emergentes como gêmeos digitais, IoT e inteligência artificial para melhorar a coleta de dados, monitoramento e otimização do consumo de energia em edifícios [13] é outra possível forma de contribuição para novos estudos. O cerne da discussão está em focar

como essas tecnologias podem ser aplicadas para prever demandas energéticas, ajustar o consumo em tempo real, e reduzir as emissões de carbono.

Estudos em busca da integração ESG nas estratégias de transição energética, de modo a desenvolver frameworks que incorporem uma análise sistêmica de impactos para garantir que as intervenções promovam benefícios amplos e sustentáveis [8] também podem ser desenvolvidos.

A redução das desigualdades regionais pode ser contemplada por meio de novas pesquisas acerca dos métodos para mitigar as discrepâncias locais na adoção de tecnologias de energia limpa, incluindo a análise de políticas de transferência de tecnologia, cooperação internacional, e mecanismos de apoio financeiro para economias emergentes [38].

A criação de novos *Key Performance Indicators* (KPIs), que capturam, com precisão, os múltiplos impactos da transição energética em edificações, incluindo métricas de eficiência energética, redução de emissões, equidade social e resiliência comunitária [10] é mais um ponto que carece de atenção.

E, finalmente, podem ser desenvolvidos estudos de modelos de negócios para sustentabilidade financeira que maximizem os benefícios sociais e ambientais da transição energética, ao mesmo tempo em que garantam a viabilidade financeira dos projetos, especialmente em contextos onde o retorno financeiro pode ser inicialmente baixo [32].

4. Considerações finais e Direção Futura

Usando análise de conteúdo, 42 artigos de periódicos foram examinados neste artigo para destacar as principais dimensões e tópicos envolvidos na esfera das políticas públicas habitacionais. Três principais questões de pesquisa foram abordadas nesta revisão, a saber: (i) Quais são as várias dimensões nas quais a pesquisa dos impactos

das edificações num contexto de transição energética se concentra e quais são os temas de pesquisa associados a essas dimensões?; (ii) Quais são as implicações ambientais, sociais e de governança quando se estudam os principais impactos das edificações, dentro do contexto da indústria da construção civil, num cenário de transição energética? e, (iii) Quais são as principais deficiências das abordagens atuais e o que seria uma boa agenda de pesquisa para o futuro acerca da transição energética das edificações?

(i) Esses impactos demonstram a complexidade da transição energética em edificações, que envolve múltiplas dimensões interligadas, exigindo uma abordagem integrada de políticas públicas, inovação tecnológica e mudanças comportamentais.

(ii) Dentro destas implicações ambientais, sociais e de governança ao estudar os principais impactos das edificações num cenário de transição energética na construção civil revelam a necessidade de uma abordagem integrada e multidimensional. A transição requer um esforço conjunto para mitigar os impactos ambientais, promover a justiça social e desenvolver estruturas de governança robustas que facilitem o cumprimento das metas de sustentabilidade a longo prazo.

(iii) Para uma transição energética eficaz no setor de construção, é essencial superar as deficiências atuais através de uma agenda de pesquisa que promova inovação financeira, políticas integradas, engajamento social, uso de tecnologias avançadas, e igualdade regional, garantindo um caminho sustentável e inclusivo para o futuro.

Através da proposta de um quadro de classificação e a realização de análises bibliométricas abrangentes e análises bibliográficas de artigos publicados nos últimos cinco anos, diferentes tendências de pesquisa foram reveladas. A análise bibliométrica apresentou oito principais clusters de palavras-chave em torno dos quais a pesquisa girava: edificações, transição energética, mudanças climáticas, stakeholders, cidades, eficiência energética,

materiais reciclados e desenvolvimento. Por outro lado, a análise bibliográfica refletiu importantes aspectos acerca dos impactos das edificações num contexto de transição energética, nos âmbitos tecnológicos, ambientais, sociais e de governança.

O conhecimento disseminado neste estudo serve para sugerir um caminho para pesquisas futuras, a fim de alinhar propostas de transições energéticas para edificações com um conjunto de dimensões e temas de pesquisa. Uma limitação associada à estrutura de categorização proposta neste trabalho é um viés de assunto devido à natureza interpretativa da estrutura. Além disso, há falta de foco em abordagens interligadas e holísticas para a estrutura apresentada; aspectos da transição energética das edificações não relacionados aos fatores socioambientais, se atendo a soluções técnicas com olhar mais voltado para a economia, mas que podem impactar enormemente, ainda que indiretamente, essas duas áreas de interesse – como o dimensionamento e impacto social das ações e o passivo ambiental gerado por essa indústria que tanto contribui para o PIB das nações.

Com base nas recomendações derivadas da estrutura desenvolvida, o estudo aqui prevê que pesquisas futuras podem se concentrar em assuntos como ciclo de vida das edificações e viabilidade de soluções ainda mais tecnológicas, de modo a ajudar a formar uma compreensão mais profunda dos aspectos socioambientais dessas edificações num contexto de transição energética. Contudo, uma agenda de pesquisa futura focada nesses temas pode ajudar a superar as deficiências atuais, promovendo uma transição energética mais eficaz, equitativa e sustentável no setor de construção civil.

5. Referências

- [1] UNEP. United Nations Environment Programme. *Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations: Mainstreaming sustainable*

- solutions to cut emissions from the buildings sector.* Quênia, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [2] UNEP. United Nations Environment Programme. *Avaliação de Políticas Públicas para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa em Edificações Relatório PNUMA – Iniciativa para Edificações e Construções Sustentáveis.* Hungria, 2009. Disponível em: https://www.cbcs.org.br/userfiles/comites tematicos/outrosem sustentabilidade/UNE P_capa-miolo-rev.pdf. Acesso em: 12 ago. 2024.
- [3] SILVA et al. *Sustainable Affordable Housing: State-of-the-Art and Future Perspectives.* Sustainability, MDPI, V. 16, 4187. Brasil, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16104187>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [4] COZZA et al. *Energy Performance Certificate for buildings as a strategy for the energy transition: Stakeholder insights on shortcomings.* BEYOND 2020 – World Sustainable Built Environment conference - IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 588. Suíça, 2020. Disponível em: <https://doi:10.1088/1755-1315/588/2/022003>. Acesso em: 08 ago. 2024.
- [5] BELAID, F., DUBYAN, M. *The Role of Residential Energy Efficiency in Shaping the Energy Transition in Saudi Arabia: Key challenges and initiatives.* IAEE Energy Forum - Fourth Quarter 2021. Arábia Saudita, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13763.32803>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- [6] BOUTAHRI, Y. e TILIOUA, A. *Machine learning-based predictive model for thermal comfort and energy optimization in smart buildings.* Results in Engineering, Elsevier, V. 22. Marrocos, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102148>. Acesso em: 03 ago. 2024.
- [7] SERAJ, M. et al. *Sustainable energy transition and decision-making for enhancing the performance of building equipment in diverse climatic conditions.* Green Technologies and Sustainability, V. 1, Issue 3, 100043. Índia, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.grets.2023.100043>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- [8] SANDIN, S. e BENNER, M. *Research evaluations for an energy transition? Insights from a review of Swedish research evaluation reports.* Research Evaluation, Oxford Academy, V. 31, Issue 1, 80-92. Suécia, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/reseval/rvab031>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- [9] JENSEN et al. *IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings.* Energy and Buildings, Elsevier, V. 155, 25-34. Dinamarca, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.044>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- [10] FARULLA et al. *A Review of Key Performance Indicators for Building Flexibility Quantification to Support the Clean Energy Transition.* Energies, MDPI, V. 14, 5676. Itália, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en14185676>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [11] ZU ERMGASSEN, S. et al. *A home for all within planetary boundaries: Pathways for meeting England's housing needs without transgressing national climate and biodiversity goals.* Ecological Economics, v. 201, p. 107562. Reino Unido, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107562>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [12] CUBILLOS-GONZÁLEZ, R. e CARDOSO, G. *Affordable housing and clean technology transfer in construction firms in Brazil.* Technology in Society, V. 67, 101768. Colômbia, 2021.

- Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101768>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- [13] AZZALIN, M. *Smart readiness indicator for buildings. Digital asset for energy transition*. AGATHÓN – International Journal of Architecture, Art and Design, n. 15, 148-159. Itália, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.19229/2464-9309/15112024> Acesso em: 09 ago. 2024.
- [14] ANGELAKOGLU, K. et al. *From a Comprehensive Pool to a Project-Specific List of Key Performance Indicators for Monitoring the Positive Energy Transition of Smart Cities - An Experience-Based Approach*. Smart Cities, MDPI, V. 3, Issue 3, 705-735. Grécia, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/smartcities3030036>. Acesso em: 04 ago. 2024.
- [15] SIBILLA, M. et al. *Rethinking Abandoned Buildings as Positive Energy Buildings in a Former Industrial Site in Italy*. Energies, MDPI v. 16, Issue 11. Reino Unido, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16114503>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [16] CHHABRA, E. *Negócios “regenerativos” vão além do status quo da sustentabilidade*. Fast Company Brasil. Brasil, 2024. Disponível em: <https://fastcompanybrasil.com/impacto/negocios-regenerativos-vaio-alem-do-status-quo-da-sustentabilidade/>. Acesso em: 08 ago. 2024.
- [17] ENAP. Escola Nacional de Administração Pública. *Introdução ao Estudo da Economia do Setor Público - Módulo 3: Razões da Intervenção do Estado (Governo) na Economia*. Brasília, 2017. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3238/1/M%C3%B3dulo%20%20-%20Raz%C3%B5es%20da%20Interven%C3%A7%C3%A3o%20do%20Estado%20%28Governo%29%20na%20Econo>
- <mia%20%28final%29.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [18] DOK-YEN, D. et al. *Frugal Innovation a Game Changer to Sustainable Affordable Housing - A Bibliometrics and Systematic Review*. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development - SPSD. V. 11 (2), pages 199-221. Gana, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.14246/irspsd.11.2_199. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [19] BOLÍVAR, M. e MEIJER, A. *Smart Governance: Using a Literature Review and Empirical Analysis to Build a Research Model*. Soc. Sci. Comput, 34, 673-692 Espanha, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283822785_Smart_Governance_Using_a_Literature_Review_and_Empirical_Analysis_to_Build_a_Research_Model. Acesso em: 05 ago. 2024.
- [20] XIANG, X et al. *Global transition of operational carbon in residential buildings since the millennium*. Advances in Applied Energy, V. 11. China, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100145>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [21] HEARN, A. e CASTAÑO-ROSA, R. *Towards a Just Energy Transition, Barriers and Opportunities for Positive Energy District Creation in Spain*. Sustainability, MDPI, V. 13, Issue 16. Suíça, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13168698>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [22] BORRÀS, I. et al. *Using urban building energy modeling data to assess energy communities' potential*. Energy and Buildings, Elsevier, V. 282. Portugal, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112791>. Acesso em: 03 ago. 2024.
- [23] BAL, M. et al. *Including Social Housing Residents in the Energy Transition: A Mixed-Method Case Study on Residents' Beliefs, Attitudes, and Motivation Toward Sustainable Energy*

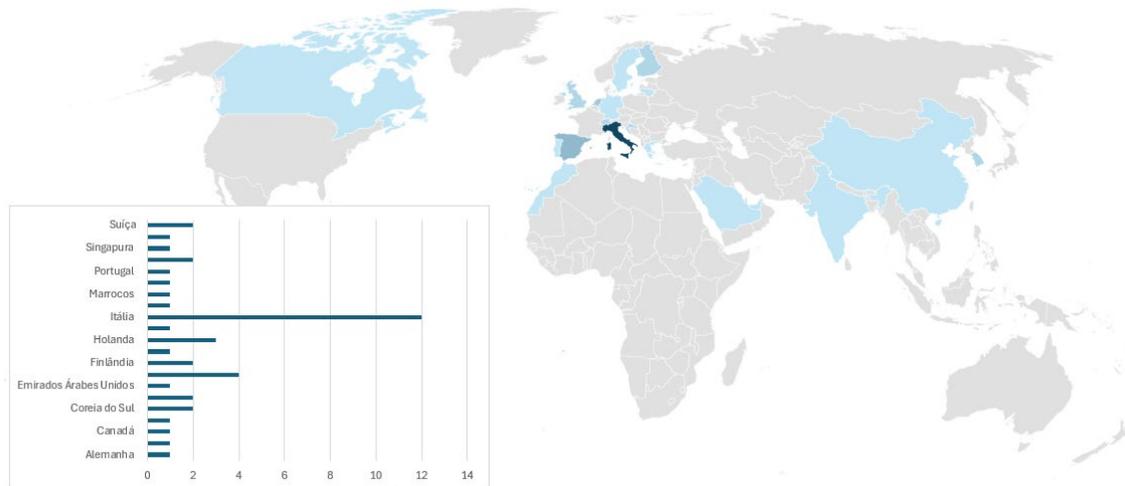
- Use in a Zero-Energy Building Renovation in the Netherlands*. *Frontiers in Sustainable Cities*, V. 3. Holanda, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.656781>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [24] BAUM, S. et al. *The influence of regulation, taxes and charges on the energy supply of buildings*. *Energy*, Elsevier, V. 262, Parte A. Alemanha, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125318>. Acesso em: 04 ago. 2024.
- [25] MEHMOOD, F. et al. *The role of residential distributed energy resources in Pakistan's energy transition*. *Energy Policy*, Elsevier, V. 167. Emirados Árabes Unidos, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113054>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- [26] KERSTENS, A. e GRECO, A. *From Buildings to Communities: Exploring the Role of Financial Schemes for Sustainable Plus Energy Neighborhoods*. *Energies*, MDPI, V.16, Issue 14. Holanda, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16145453>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [27] DOBBELSTEEN, A. et al. *The Amsterdam energy transition roadmap – introducing the City-zen methodology*. *Smart and Sustainable Built Environment*, V. 9, Issue 3. Holanda, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-05-2019-0065>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [28] KONG, M. et al. *Impact of the use of recycled materials on the energy conservation and energy transition of buildings using life cycle assessment: A case study in South Korea*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, V. 155. Coreia do Sul, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111891>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [29] POPESCU, C. et al. *Energy Transition in European Union - Challenges and Opportunities*. *Energy Transition. Industrial Ecology*. Springer, Chapter, pp 289–312. Singapura, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-19-3540-4_11. Acesso em: 08 ago. 2024.
- [30] MANJON, M. et al. *Business as not usual: A systematic literature review of social entrepreneurship, social innovation and energy poverty to accelerate the just energy transition*. *Energy Research & Social Science*, Elsevier, V.90. Espanha, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102624>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- [31] STREIMIKIENE, D. *Renewable energy technologies in households: challenges and low carbon energy transition justice*. *Economics and Sociology*, V. 15, Issue 3, 108-120. Lituânia, 2022. Disponível em: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1101539>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [32] HOICKA, C. e DAS, R. *Ambitious deep energy retrofits of buildings to accelerate the 1.5°C energy transition in Canada*. *The Canadian Geographies*, Spring, V. 65, Issue1, Special Section, 116-127. Canadá, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cag.12637>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [33] PULSELLI, R. et al. *Future city visions. The energy transition towards carbon-neutrality: lessons learned from the case of Roeselare, Belgium*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 137. Itália, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110612>. Acesso em: 08 ago. 2024.
- [34] SCHITO, E. e LUCCHI, E. *Advances in the Optimization of Energy Use in Buildings*. *Sustainability*, MDPI (Editorial) V. 15, Issue 18. Itália, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151813541>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- [35] BUONOMANO, A. et al. *Advanced energy technologies, methods, and*

- policies to support the sustainable development of energy, water and environment systems.* Energy Reports, Elsevier, V. 8. Itália, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.03.171>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- [36] KOURGIOZOU, V. et al. *Development of a dynamic building stock model for smart energy transition decision support - university campus stock case study.* Proceedings of the 18th IBPSA Conference Shanghai, China. Reino Unido, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26868/25222708.2023.1686>. Acesso em: 12 ago. 2024.
- [37] DOLORES, L. et al. *Financial Impacts of the Energy Transition in Housing.* Sustainability, MDPI, V. 14, Issue 9, 4876. Itália, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14094876>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [38] TEMMES, A. et al. *Mobilising mainstream finance for a future clean energy transition: The case of Finland.* Journal of Cleaner Production, Elsevier, V. 319. Finlândia, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128797>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [39] MAESTRE, V. et al. *The role of hydrogen-based power systems in the energy transition of the residential sector.* Journal of Chemical Technology and Biotechnology, V.97, 561-574. Espanha, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jctb.6938>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [40] GASPARI, J. et al. *Energy Transition at Home: A Survey on the Data and Practices That Lead to a Change in Household Energy Behavior.* Sustainability, MDPI, V. 13, Issue 9, 5268. Itália, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13095268>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [41] LORENZO-SÁEZ, E. et al. *Energy Efficiency and GHG Emissions Mapping of Buildings for Decision-Making Processes against Climate Change at the Local Level.* Sustainability, MDPI, V. 12, Issue 7, 2982. Espanha, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12072982>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- [42] OOSTRA, M. e NELIS, N. *Concerns of Owner-Occupants in Realising the Aims of Energy Transition,* Social Science Open Access Repository (SSOAR), V. 7, Issue 2, 45-57. Países Baixos, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17645/up.v7i2.5043>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- [43] REDA, F. et al. *Towards low-carbon district heating: Investigating the socio-technical challenges of the urban energy transition.* Smart Energy, Elsevier, V.4. Finlândia, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100054>. Acesso em: 08 ago. 2024.
- [44] ARUTA, G. et al. *Sustainability and energy communities: Assessing the potential of building energy retrofit and renewables to lead the local energy transition.* Energy, Elsevier, V. 282, 128377. Itália, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128377>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [45] ARUTA, G. et al. *Optimizing the energy transition of social housing to renewable nearly zero-energy community: The goal of sustainability.* Energy and Buildings, Elsevier, V. 282, 112798. Itália, 2023b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112798>. Acesso em: 02 ago. 2024.
- [46] ASCIONE, F. et al. *Optimization of solar energy exploitation for a neighborhood towards nearly zero energy buildings.* 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), IEEE Xplore, Itália, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.23919/SpliTech49282.2020.9243839>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- [47] CABEZA, L, ÜRGE-VORSATZ, D. *The role of buildings in the energy transition in the context of the climate change*

- challenge*. *Global Transitions*, V. 2, 257-260. Espanha, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.11.004>. Acesso em: 08 ago. 2024.
- [48] DEUK-WOO, K. et al. *Improvements on Public Buildings Energy Information System*. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, V. 36, Issue 9, 109-118. Coreia do Sul, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5659/JAIK.2020.36.9.109>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- [49] LUCCHI, E. *Energy Efficiency of Historic Buildings*. *Buildings*, MDPI, V. 12, Issue 2, 200. Itália, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings12020200>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [50] MAGRINI, A. et al. *From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example*. *Developments in the Built Environment*, V.3. Itália, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100019>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- [51] NIZETIC, S. et al. *Smart and Sustainable Technologies in energy transition*. *Journal of Cleaner Production*, V. 389. Croácia, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135944>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- [52] VUJANOVIC, M. et al. *Recent progress in sustainable energy-efficient technologies and environmental impacts on energy systems*. *Applied Energy*, V. 283. Croácia, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116280>. Acesso em: 10 ago. 2024.

APÊNDICE A

Figura 9 – Origem das publicações destacadas no mapa



Fonte: desenvolvido pelo autor

APÊNDICE B

Quadro 1 – Publicações categorizadas dentro do aspecto AMBIENTAL

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RESULTADOS
[13] AZZALIN, M., 2024	Apresentar uma visão crítica dos princípios e aspectos metodológicos que ensinaram a definição do Indicador de ProntoIdade Inteligente (IPI) dentro do processo de transição energética.	Insights sobre a relação entre os objetivos SRI e o potencial oferecido pelos ativos digitais e abordagens baseadas no gêmeo digital.	A integração de tecnologias IPI - Indicador de ProntoIdade Inteligente, do inglês SRI - Smart Readiness Indicator, com edifícios inteligentes e gêmeos digitais permite que soluções avançadas alcancem níveis mais elevados de inteligência e conformidade com os padrões de eficiência energética. Pode, ainda, apoiar processos de tomada de decisão baseados em dados para melhorar a eficiência operacional, melhorar a fiabilidade dos sistemas energéticos, otimizar recursos e melhorar o conforto dos ocupantes nos edifícios.
[5] BELAID, F. e DUBYAN, M., 2021	Fornecer uma análise simples para explorar o papel proeminente que a eficiência energética dos edifícios pode desempenhar na definição da transição energética e do caminho da sustentabilidade e discutir o enorme potencial inexplorado de poupança de energia do setor da construção no contexto do paradoxo da eficiência energética.	O foco da investigação, efetuada por meio de pesquisa bibliográfica, são as iniciativas de eficiência energética na Arábia Saudita, como exemplo de uma economia muito preocupada e muito proativa em termos de esforços para impulsionar a sua transição energética.	O documento enfatiza a importância de acelerar o processo de descarbonização no setor da construção e sugere formas de considerar uma visão holística das políticas de eficiência energética no setor da construção.
[6] BOUTAHRI, Y. e TILIOUA, A., 2024	Apresentar um modelo preditivo que utiliza algoritmos de aprendizado de máquina (ML).	O modelo visa prever os níveis de conforto térmico e otimizar o consumo de energia em sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC). Quatro algoritmos distintos de ML Support Vector Machine (SVM), Rede Neural Artificial (ANN),	Os resultados revelam que os algoritmos RF e XGBOOST apresentam desempenho superior, alcançando precisões de 96,7% e 9,64% respectivamente. Em contraste, o algoritmo SVM demonstra desempenho inferior com um R2 de 81,1%. Essas descobertas ressaltam a capacidade preditiva do modelo RF e XGBOOST na previsão de valores de Voto Médio Previsto (PMV).

		Random Forest (RF) e EXtreme Gradient Boosting (XGBOOST) são empregados para essa finalidade. Os dados para o modelo são coletados usando uma rede de placas Raspberry Pi equipadas com vários sensores. A avaliação de desempenho dos algoritmos de ML é conduzida usando métricas de erro estatístico, incluindo Root Mean Square Error (RMSE), Mean Square Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE) e coeficiente de determinação (R2).	
[39] MAESTRE, V. <i>et al.</i> , 2021	Fornecer uma visão geral e análise de sistemas autônomos baseados em hidrogênio renovável (RHS) com foco no setor residencial e de edifícios, bem como infraestruturas críticas como estações de telecomunicações, servidores de dados, etc. plantas de demonstração implementadas em todo o mundo são revisadas.	Avaliação técnico-econômica de parâmetros relevantes, como o rácio de auto-suficiência, o custo nivelado da energia e a eficiência do percurso de ida e volta do hidrogênio e do desempenho das diferentes configurações, por meio de comparação da potência instalada de cada componente com a sua contribuição energética para cobrir a carga durante um período de tempo definido.	Os desafios futuros são identificados para uma implantação mais ampla de RHS no setor residencial e de edifícios.
[8] SANDIN, S. e BENNER, M., 2022	Indicar a forma como a investigação sobre eficiência energética é examinada e como as avaliações individuais se enquadram e se relacionam com uma transição energética.	Revisão de 20 avaliações suecas de investigação sobre eficiência energética em edifícios, procuramos fornecer informações sobre a operacionalização, análise e avaliação das avaliações.	Os resultados revelam que as avaliações implementam frequentemente uma perspectiva sistêmica que enquadra as iniciativas numa perspectiva social mais ampla, crucial para apoiar uma transição. Destacam também uma heterogeneidade na realização da avaliação: desde uma operacionalização geralmente ampla – a uma análise mais restrita centrada nos resultados a nível do programa – até uma avaliação mais ampla dos impactos e da relevância para a sociedade e para os diferentes intervenientes.
[7] SERAJ, M. <i>et al.</i> , 2023	Avaliar alternativas para implementar estruturas verdes sustentáveis usando uma técnica científica inovadora de processo de hierarquia analítica (AHP)	Esta pesquisa identificou efetivamente dez desafios principais que impedem a eficiência operacional na indústria da construção. A aplicação da tecnologia inovadora de processo de hierarquia analítica (AHP) facilitou a classificação simultânea das soluções mais ideais. A avaliação precisa de inúmeras opções de equipamentos de gestão de energia para edifícios verdes sustentáveis foi alcançada, destacando a imparcialidade e neutralidade da ferramenta na abordagem dos desafios da Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios (MCDM).	A configuração 'Solar Fotovoltaico Montado no Telhado (SPV)' ficou consistentemente em primeiro lugar em todas as técnicas de solução MCDM examinadas neste estudo. Este consenso robusto sublinha a importância dos painéis solares seguidos pela geração de energia com nanopartículas de biodiesel como a escolha preferida. Após a priorização, as alternativas são classificadas da seguinte forma: Configuração solar térmica > Instalação de dispositivos de proteção solar > Interruptores de luz > Freecooling > Controlar o resfriamento e aquecimento dos espaços > Aproveitar o calor residual do chiller > Lâmpadas energeticamente eficientes > Classificações de eficiência energética de aparelhos elétricos > Soluções eficazes de resfriamento de espaços ativos.
[31] STREIMIKIENE, D., 2022	Discutir as melhores formas de combater a pobreza energética e a transição para energia de baixo carbono na UE.	Analisar criticamente as barreiras e as políticas e medidas estatais para o apoio às tecnologias de microgeração de energia renovável nas residências.	As principais conclusões do documento indicam que o desenvolvimento de medidas políticas bem direcionadas para apoiar as tecnologias de energias renováveis e a renovação energética seria mais benéfico do que pagar as faturas de energia da população vulnerável de baixos rendimentos. Tais políticas também ajudariam a resolver o problema da transição energética justa e hipocarbônica, uma

			vez que, atualmente, a população vulnerável enfrenta maiores barreiras econômicas, sociais, comportamentais, de infraestruturais e outras à utilização de energias renováveis nas suas casas.
[20] XIANG, X <i>et al.</i> , 2023	Avaliar os padrões de emissão e o processo de descarbonização das operações de edifícios residenciais em 56 países, abrangendo 12 regiões em todo o mundo, desde 2000 a 2020	Estrutura de avaliação ascendente integrada com o método de decomposição estrutural, para analisar e comparar o desempenho e as motivações globais e regionais para a descarbonização para apoiar os esforços nacionais de descarbonização para alcançar emissões líquidas zero e avançar o setor global de construção residencial em direção a um século livre de carbono.	(1) a intensidade operacional de carbono dos edifícios residenciais globais manteve um declínio anual de 1,2% nas últimas duas décadas, e a intensidade energética e o tamanho médio das famílias foram fundamentais para esta descarbonização; (2) as utilizações finais têm desempenhado um papel cada vez mais importante na descarbonização dos edifícios residenciais globais (-46,3 kg de dióxido de carbono por agregado familiar por ano), sendo os maiores contribuintes os eletrodomésticos (38,3%), seguidos pelo aquecimento ambiente (21,2%) e iluminação (12,6%); e (3) embora a descarbonização total dos edifícios residenciais globais tenha sido de 7,1 gigatoneladas de dióxido de carbono e tenha alcançado uma eficiência de descarbonização de 9,4% ao ano durante este período, a desigualdade regional de descarbonização e a distribuição desigual permaneceram bastante grandes, especialmente nas regiões de economia emergente.

Fonte: desenvolvido pelos autores

Quadro 2 – Publicações categorizadas dentro do aspecto GOVERNANÇA

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RESULTADOS
[14] ANGELAKOGLOU, K. <i>et al.</i> , 2020	Este estudo tenta responder a três questões-chave de pesquisa que podem ajudar as autoridades municipais, planejadores e agentes interessados a simplificar e aumentar a transparência da seleção de Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) para projetos de cidades e comunidades inteligentes (SCC) com foco na transição energética e na criação de Energia Positiva. Distritos (PEDs): Pergunta 1: “Quais recursos estão disponíveis para extrair tais KPIs?”; Pergunta 2: “Quais desses KPIs são os mais adequados para avaliar a transição energética de projetos de cidades inteligentes e desenvolvimentos relacionados com PED?” e Pergunta 3: “Como pode ser desenvolvida uma lista restrita de KPIs específicos do projeto?”	É apresentada uma abordagem experiencial, capitalizando o conhecimento e as lições aprendidas de um projeto de cidade inteligente em curso na Europa (POCITYF) que se concentra na implantação de PED. No âmbito deste quadro, a) foi realizada uma revisão dos quadros de KPI das cidades inteligentes, resultando num conjunto de 258 indicadores que podem potencialmente ser adotados por projetos de cidades inteligentes; b) foram extraídas oito dimensões principais das avaliações, estabelecendo um quadro holístico de desempenho relevante para os SCCs; c) um processo de avaliação detalhado, incluindo critérios pré-determinados e feedback sobre as necessidades da cidade, foi aplicado para selecionar o conjunto de KPI, levando a uma lista específica do projeto, pronta para ser usada, de 63 KPIs e d) os KPIs foram classificados e analisados em diferentes níveis de granularidade para facilitar ainda mais o procedimento de monitoramento.	O procedimento experiencial apresentado neste estudo pode ser facilmente adaptado às necessidades de cada projeto de cidade inteligente, servindo como guia de recomendação.

<p>[24] BAUM, S. <i>et al.</i>, 2023</p>	<p>Investigar a influência da atual regulamentação, impostos e taxas sobre os transportadores de energia nos sistemas energéticos dos edifícios e mostrar quais abordagens regulatórias representam as soluções mais custo-efetivas para o fornecimento de energia que levam à neutralidade do dióxido de carbono (CO2) e também ao uso de sistemas de armazenamento de energia.</p>	<p>Uma programação linear inteira mista é utilizada para otimizar os diferentes componentes do fornecimento considerando tarifas variáveis de eletricidade. A perspectiva da análise está no edifício individual. Uma vez que a utilização do aquecimento urbano não é uma decisão econômica individual e o aquecimento urbano desempenha um papel menor, excepto, por exemplo, em alguns países do norte da Europa, não foi considerado nos estudos aqui apresentados. Nos estudos foram consideradas tecnologias de utilização e armazenamento de energias renováveis que podem ser integradas em edifícios individuais e estão sujeitas a uma decisão econômica individual. Tecnologias que não podem ser integradas nos edifícios, mas que são essenciais para a transição energética, como a energia eólica, são integradas indiretamente através do preço flexível da eletricidade determinado pela ordem de mérito. Aqui foram consideradas previsões e cenários governamentais, bem como vários conceitos para a tributação das fontes de energia.</p>	<p>É desenvolvido e aplicado um novo método para a estimativa dos custos de investimento entre 2015 e 2050. O documento mostra como seria um fornecimento ideal de energia aos edifícios sob condições alteradas do quadro jurídico, bem como diferentes cargas e benefícios fiscais. O artigo conclui com uma série de inferências e recomendações para uma regulamentação adaptada para atingir os objetivos de desfossilização do setor da construção.</p>
<p>[35] BUONOMANO, A. <i>et al.</i>, 2022</p>	<p>Discutir as contribuições dos artigos pertencentes à edição especial virtual (VSI) da Energy Reports dedicada à série de quatro Conferências SDEWES sobre Desenvolvimento Sustentável de Sistemas de Energia, Água e Meio Ambiente realizadas em Colônia (Alemanha), Sarajevo (Bósnia e Herzegovina), Gold Coast (Austrália) e Buenos Aires (Argentina) em 2020</p>	<p>Análise e compilação de informações dos artigos de revisão de alta qualidade e artigos de pesquisa originais apresentados nas Conferências SDEWES relevantes para a Revista estão incluídos neste VSI para um total de 20 artigos aceitos convidados pelos Editores Convidados.</p>	<p>Apresentou soluções robustas para tecnologias renováveis para a eficiência energética de edifícios e comunidades, tecnologias e ferramentas avançadas para o projeto energeticamente eficiente de edifícios e sistemas, desafios e oportunidades de políticas e regulamentações para apoiar a transição energética e atender às necessidades sustentáveis de metas de desenvolvimento.</p>
<p>[4] COZZA, S. <i>et al.</i>, 2020</p>	<p>Investigar como a governança do esquema de certificação de desempenho poderia ser melhorada com o objetivo de um esquema EPC mais robusto</p>	<p>Estudo qualitativo através de entrevistas com especialistas em energia é caracterizado o atual sistema EPC na Suíça, permitindo compreender limitações importantes</p>	<p>Lista de recomendações para um maior desenvolvimento do esquema EPC, em prol de afastar a incapacidade de avaliar corretamente o desempenho dos edifícios, o que conduz a emissões excessivas de carbono e a custos de energia mais elevados, comprometendo a concretização dos objetivos da política energética.</p>

<p>[27] DOBBELSTEEN, A. et al., 2019</p>	<p>Discutir intervenções necessárias para passar da situação atual ao desejado estado futuro sustentável da cidade de Amsterdã, utilizando, como referência, os Roteiros desenvolvidos pela Metodologia de Transição Energética Urbana, desenvolvida dentro do intitulado Objetivo City-zen, um projeto interdisciplinar financiado pela UE que visa desenvolver e demonstrar cidades energeticamente eficientes e construir métodos e ferramentas para que cidades, indústrias e cidadãos alcancem metas ambiciosas de sustentabilidade.</p>	<p>Este artigo discute a abordagem e a metodologia por trás da Metodologia de Transição Energética Urbana City-zen, com suas seis etapas desde a análise energética inicial até o roteiro em direção a um estado futuro desejado. O artigo ilustrará isto através dos resultados do estudo do Roteiro de Amsterdã, em números e figuras.</p>	<p>O estudo do Roteiro de Amsterdã revelou que a cidade pode tornar-se neutra em termos energéticos na sua procura de calor, mas não na produção de eletricidade suficiente a partir de energias renováveis. Embora ainda aplicada apenas à cidade de Amsterdã, a metodologia por detrás do roteiro pode ser aplicada por cidades de todo o mundo, mas é necessário um enorme esforço para transformar, renovar e adaptar partes da cidade. Foram calculado, por exemplo, quantos projetos de renovação energética, tubos de aquecimento urbano e painéis fotovoltaicos serão necessários anualmente para se tornarem oportunamente neutros em carbono, neutros em termos energéticos e “livres de fósseis”.</p>
<p>[37] DOLORES, L. et al., 2022</p>	<p>Oferecer uma base de conhecimento para a política energética sobre o cenário atual da requalificação energética dos edifícios multifamiliares italianos.</p>	<p>Foi identificado o edifício típico para a realização de obras normais de eficiência energética. São consideradas duas variantes de projeto para implementação da Análise Custo-Receita (CRA): (i) intervenção de retrofit energético não incluindo sistema fotovoltaico; (ii) intervenção de retrofit energético incluindo sistema fotovoltaico. Para a segunda variante de desenho, foram realizadas análises adicionais (análise de sensibilidade, análise de cenários, análise de risco) para identificar as principais variáveis sensíveis e estimar a probabilidade de fracasso financeiro da intervenção</p>	<p>O estudo mostra que é improvável que intervenções sem energia fotovoltaica sejam financeiramente sustentáveis. No entanto, embora a presença de energia fotovoltaica aumente significativamente a poupança na fatura, o Período de Retorno (PP) permanece bastante elevado. Um projecto normal de modernização energética que inclua tecnologia fotovoltaica só pode tornar-se financeiramente sustentável através do recurso a bônus governamentais para edifícios, sem os quais a probabilidade de fracasso é de 46%.</p>
<p>[40] GASPARI, J. et al., 2021</p>	<p>Investigar as perspectivas reais dos consumidores sobre comportamento familiar quanto ao consumo, combinando a consciência das pessoas sobre o uso de energia, a interação com dispositivos de medição e a motivação dos usuários em uma estrutura coerente.</p>	<p>Foi realizada uma sessão de testes envolvendo 500 pessoas como fase de validação para um futuro lançamento em larga escala do questionário.</p>	<p>O teste produziu alguns resultados iniciais sobre como as pessoas ficam mais interessadas em mudar à medida que adquirem mais conhecimento e recebem sugestões. No entanto, apesar dos seus conhecimentos supostamente avançados como educadores e estudantes, o nível de sensibilização da amostra era baixo, sugerindo que é necessária uma abordagem mais centrada no utilizador para um progresso em larga escala.</p>
<p>[21] HEARN, A. e CASTAÑO-ROSA, R., 2021</p>	<p>Pretende lançar luz sobre o panorama do Distritos Energéticos Positivos (PED), investigando as barreiras e oportunidades para a criação do PED em Espanha e o seu potencial para mitigar a pobreza energética</p>	<p>Revisão da literatura sobre energia comunitária em Espanha, seguida de entrevistas com especialistas (investigadores em energia, partes interessadas e ONG) que se concentram em questões de sustentabilidade na Espanha</p>	<p>A investigação mostra que novas formas de propriedade e produção de energia, como poderiam potencialmente ser encontradas nos PED, poderiam ajudar a reduzir a pobreza energética, que afeta um segmento significativo da população, uma vez que as famílias podem reduzir as suas despesas energéticas, bem como melhorar o seu comportamento energético.</p>

<p>[26] KERSTENS, A. e GRECO, A., 2023</p>	<p>Este estudo visa colmatar esta lacuna de investigação, investigando até que ponto os esquemas financeiros existentes apoiam os avanços tecnológicos e as partes interessadas envolvidas na realização dos bairros sustentáveis e energéticos (SPEN). O foco está em quatro países europeus: Áustria, Países Baixos, Noruega e Espanha, onde foram estabelecidas iniciativas notáveis do SPEN. Este estudo investiga se e como os esquemas financeiros facilitam o desenvolvimento do SPEN e abordam a dinâmica ao nível dos bairros.</p>	<p>Abordagem de métodos mistos, compreendendo uma revisão da literatura, estudos de caso e entrevistas.</p>	<p>As nossas conclusões lançam luz sobre duas barreiras significativas nos regimes atuais. Em primeiro lugar, os regimes raramente incentivam a partilha colectiva de energia e podem inadvertidamente impedir o prosumerismo dos indivíduos. Em segundo lugar, favorecem principalmente indivíduos capazes de fazer investimentos de capital iniciais, tornando-os inacessíveis a uma grande parte dos cidadãos europeus. Ao identificar estas limitações, o nosso estudo destaca a necessidade de ajustes políticos e mecanismos financeiros inovadores para superar as barreiras que impedem a implementação do SPEN.</p>
<p>[41] LORENZO-SÁEZ, E. et al., 2020</p>	<p>Desenvolver uma metodologia inovadora baseada em um sistema de informações geográficas (GIS) para mapear o consumo de energia primária e as emissões de GEE em edifícios de cidades de acordo com certificados de eficiência energética. A metodologia desenvolvida foi testada numa cidade representativa de média dimensão na Espanha. Além disso, foi desenvolvido um modelo de dados adaptado ao regulamento INSPIRE, a fim de garantir a interoperabilidade e a aplicação a nível europeu</p>	<p>Teste do sistema numa cidade representativa de média dimensão em Espanha e análise de emissões de CO2 devido ao consumo de energia primária em edifícios residenciais com elevada resolução espacial ao nível de um único edifício.</p>	<p>Os resultados obtidos demonstram que a metodologia desenvolvida é capaz de identificar diretamente os bairros da cidade com maior potencial para melhorar a eficiência energética e reduzir as emissões de GEE.</p>
<p>[30] MANJON, M. et al., 2022</p>	<p>Contribuir para a avaliação do estado da investigação sobre o tema empreendedorismo social e da inovação social no combate à pobreza energética.</p>	<p>Revisão sistemática da literatura sobre a interseção entre pobreza energética, inovação social e empreendedorismo social em países do Norte Global.</p>	<p>Os resultados da revisão mostram as dimensões centrais do empreendedorismo social e da inovação social delineadas pelos investigadores, tais como a natureza colectiva e em rede do empreendedorismo social, as competências híbridas, a proximidade, o envolvimento das famílias e uma abordagem centrada no utilizador, lançando luz sobre a potencialidades primárias de intervenções na pobreza energética impulsionadas pelo fenómeno do empreendedorismo social.</p>
<p>[25] MEHMOOD, F. et al., 2022</p>	<p>Mostrar que a geração distribuída oferece baixos períodos de retorno para as famílias urbanas, mesmo sem medição líquida. Este cálculo é auxiliado por prováveis aumentos tarifários futuros. Além disso, a geração distribuída ajuda a apoiar a rede, mesmo sem armazenamento ou resposta à procura, devido a um estreito alinhamento entre a oferta e a procura.</p>	<p>Utilização de perfis de procura e geração de alta resolução de Lahore (a segunda cidade mais populosa do Paquistão e aquela com a geração mais distribuída).</p>	<p>Com base nesta análise, recomendamos ao regulador que forneça visibilidade a longo prazo sobre a continuação de incentivos como a medição líquida, e como isto acabará por ser transferido para mandatos solares. Da mesma forma, é prudente que as empresas de distribuição forneçam incentivos específicos para a utilização da geração distribuída para aliviar questões como perdas não técnicas e sobrecarga dos transformadores.</p>

[42] OOSTRA, M. e NELIS, N, 2021	Análise da satisfação do cliente, que é estudada em três abordagens holandesas diferentes para modernizar residências ocupadas pelos proprietários para aumentar a eficiência energética.	Para a análise, é utilizada uma estrutura de satisfação do cliente que faz uma distinção entre satisfatórios, insatisfatórios, críticos e neutros. Este quadro permite identificar e estruturar diferentes fatores relevantes na perspectiva dos proprietários-ocupantes, permite visualizar lacunas com a perspectiva profissional e pode ajudar a melhorar as propostas atuais.	Criação de um referencial que permite identificar e estruturar diferentes fatores relevantes na perspectiva dos proprietários-ocupantes, permitindo visualizar lacunas com a perspectiva profissional e pode contribuir a melhorar as propostas atuais.
[33] PULSELLI, R. <i>et al.</i> , 2021	Fornecer uma visão esquemática dos principais resultados dos rodshows, no âmbito do Projeto EU City-zen, alcançados na cidade belga de Roeselare, mas, mais significativamente, descreve as técnicas necessárias para tornar o processo cooperativo compreensível, impactante e implementável	Durante os Roadshows, um grupo de especialistas é contratado para realizar atividades de coworking e laboratórios participativos envolvendo stakeholders locais. Estas atividades apoiam as cidades na identificação dos seus próprios caminhos de descarbonização, principalmente através da combinação de três processos mútuos, ou seja, conceção energética, conceção urbana e contabilização do carbono. Este último, em particular, tem sido utilizado para quantificar as emissões de gases com efeito de estufa das cidades e bairros e para estimar o efeito de mitigação de uma combinação de medidas rumo à condição desejável de neutralidade carbónica. Este processo de design exploratório e proativo foi demonstrado com sucesso através de workshops intensivos e pode ser replicado em outras cidades.	O Roadshow City-zen Roeselare trouxe mais de 300 partes interessadas para o processo de re-imaginar e visualizar a sua futura cidade em 2050 com estas soluções. As partes interessadas, sem conhecimentos específicos em contabilidade de carbono ou sustentabilidade, teriam agora a capacidade de compreender e aplicar estas soluções num esforço combinado para enfrentar o desafio do carbono zero. A abordagem é geralmente replicável em outros lugares, sendo altamente visual, impactante, transferível e amigável para múltiplas partes interessadas. Dado que os dados são disponibilizados localmente, a combinação desta abordagem geral, avaliações específicas do local e o envolvimento de especialistas e partes interessadas locais (ou seja, decisores políticos, cidadãos, etc.) permitem que a transição comece por referir-se a qualquer cidade ou bairro real.
[43] REDA, F. <i>et al.</i> , 2021	Investigar as barreiras à implementação de um sistema de aquecimento urbano de baixo carbono que se baseia na minimização da incineração de biomassa e na eliminação total dos combustíveis fósseis, com base na literatura sobre transições de sustentabilidade que tratou da reconfiguração sociotécnica	O estudo baseia-se numa extensa análise das partes interessadas que envolveu 44 organizações que representam fornecedores de tecnologia, empresas de energia, organizações industriais, decisores políticos, autoridades locais e investigadores	Os resultados mostram que, embora vários grupos de partes interessadas pudessem convergir em questões-chave, como a necessidade de apoiar determinados nichos tecnológicos e o perigo de um aprisionamento da biomassa, existiam divergências relativamente às barreiras a eliminar entre os decisores políticos, as novas empresas participantes e os proprietários de edifícios. As cidades foram consideradas atores importantes para a implementação do conceito proposto de aquecimento urbano de baixo carbono. No entanto, devem encorajar a participação dos proprietários de edifícios em esquemas de resposta à procura, na produção descentralizada de energias renováveis e na reformulação das redes eléctricas locais para apoiar a electrificação do aquecimento urbano.

Fonte: desenvolvido pelos autores

Quadro 3 – Publicações categorizadas dentro do aspecto SOCIAL

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RESULTADOS
[44] ARUTA, G. <i>et al.</i> , 2023a	Avaliar o desempenho das comunidades, passando de edifícios únicos para o desempenho abrangente	O método combina diversas ferramentas, incluindo DesignBuilder® e EnergyPlus para simulação, MATLAB® como mecanismo de otimização. Para determinar as melhores opções, são comparados três cenários de retrofit utilizando três indicadores de desempenho: consumo de energia primária (PEC), emissão de CO2 e custo de funcionamento (RC). Além disso, é definida a avaliação do investimento - com indicadores econômicos específicos para ajudar o cidadão a compreender a rentabilidade de cada intervenção individual e assim ajudá-lo na escolha uma vez que existe um constrangimento econômico.	O primeiro cenário de retrofit envolve o isolamento de ambos os envelopes transparentes opacos, enquanto o segundo é um retrofit apenas de sistemas, através da substituição dos existentes e da introdução de fontes renováveis e baterias. Os resultados mostram como o terceiro cenário – um trade-off de retrofit entre os dois primeiros – oferece a maior redução de PEC, emissão de CO2 e RC de 71,35%, 73,42% e 60,52%, respectivamente. Mesmo de uma perspectiva puramente econômica, a terceira intervenção representa um melhor investimento quando se consideram as poupanças econômicas anuais, como demonstrado pelo aumento dos valores atuais líquidos.
[45] ARUTA, G. <i>et al.</i> , 2023b	Investigar várias soluções alternativas para um sistema energético partilhado, para transformar um distrito de habitação social de 29 edifícios em Nápoles, sul de Itália, numa comunidade com energia quase nula.	O método é bastante articulado, baseado em diversas abordagens numéricas, aplicado pela utilização cíclica de diversos programas, nomeadamente: DesignBuilder® para modelação de edifícios, EnergyPlus como ferramenta de simulação, e MATLAB® como motor de otimização. É introduzido um índice de sustentabilidade baseado nas emissões.	As soluções analisadas têm um nível mínimo de sustentabilidade igual a 85% e mostram uma combinação adequada de medidas comuns de retrofit de edifícios. Foram delineadas possíveis metas energéticas e económicas que indicaram: níveis de sustentabilidade de 85%, 90% e 95% com um orçamento de investimento de até 150-200 €/m2.
[46] ASCIONE, F. <i>et al.</i> , 2020	Abordar a questão da transição energética dos bairros para edifícios com energia quase nula (nZEBs), fundamental para promover a sustentabilidade.	É proposta uma metodologia para otimizar o retrofit energético através do aproveitamento da energia solar por meio de energia fotovoltaica. Parte de um bairro da cidade de Nápoles (sul da Itália) é investigada. O acoplamento entre EnergyPlus e MATLAB® é utilizado para modelagem energética, simulações e otimização de retrofit através de um método de pesquisa inteligente, com uma análise abrangente de aquecimento, resfriamento e cargas elétricas. Uma abordagem de Pareto é aplicada para minimizar o consumo de energia e o custo global, a fim de otimizar a exploração da energia solar e alcançar o padrão nZEB, garantindo a relação custo-benefício em Diferentes cenários de retrofit e sistemas de energia.	Duas soluções ideais de retrofit são identificadas. Busca-se a minimização do impacto energético do bairro garantindo uma redução do PEC de 116,8 kWh/m ² a para 66,3 kWh/m ² a com payback descontado (DPB) de cerca de 10 anos. A outra solução maximiza o custo-benefício produzindo um PEC em torno de 83,7 kWh/m ² a com um DPB de apenas 4 anos. Os resultados oferecem insights profundos sobre o potencial da transição energética para os bairros e diretrizes para a implementação de sistemas energéticos multigeração, bem como para abordar políticas energéticas públicas.

<p>[23] BAL, M. et al., 2021</p>	<p>Fornecer informações importantes sobre as barreiras e facilitadores da transição energética sustentável entre os residentes de habitação social, que correm o risco de ficar para trás na transição energética urbana sustentável.</p>	<p>Este estudo piloto explorou as atitudes dos residentes de habitação social em relação à sustentabilidade e à renovação sustentável dos seus edifícios de apartamentos, bem como (factores subjacentes) a sua motivação para dois comportamentos sustentáveis específicos. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas, contendo questões abertas e fechadas, com 20 moradores de um edifício de habitação social que estava em fase de reforma.</p>	<p>Os resultados mostraram que os entrevistados estavam preocupados com as alterações climáticas, incluindo crenças de justiça ambiental, normalmente já envolvidos em vários comportamentos sustentáveis, e estavam motivados a adicionar comportamentos sustentáveis ao seu repertório após a renovação. No entanto, as normas sociais percebidas nem sempre apoiavam um comportamento sustentável e os entrevistados por vezes não conseguiram reconhecer o valor sustentável destes comportamentos. Além disso, embora os inquiridos tenham sido mais positivos do que negativos sobre a renovação sustentável, ainda assim listaram muitas preocupações e problemas relativos ao processo de renovação, incluindo preocupações com a justiça processual.</p>
<p>[22] BORRÁS, I. et al., 2023</p>	<p>Desenvolver uma estrutura de modelagem para avaliar o potencial de criação de comunidades energéticas (CE), combinando capacidades de Modelagem Energética de Edifícios Urbanos (UBEM) e o potencial dos telhados dos edifícios para geração solar.</p>	<p>Foram simulados e analisados três estudos de caso de CE, com múltiplas tipologias de edifícios, para três cenários de partilha de energia: autoconsumo individual fora de uma CE e autoconsumo coletivo sem e com armazenamento central de baterias, ambos dentro de uma CE.</p>	<p>Os resultados do estudo de caso demonstram que a autossuficiência nos edifícios aumenta quando se passa do autoconsumo individual para o autoconsumo coletivo, obtendo os melhores resultados quando se combinam diversos perfis de procura. As auto-suficiências alcançadas a nível comunitário variam entre 16% e 34%. Além disso, os resultados mostram que quando se consideram sistemas de armazenamento em baterias, a autossuficiência aumenta 16 pontos percentuais, porém diminuindo a viabilidade económica. Ao considerar os resultados da UBEM, o modelo desenvolvido permitiu uma avaliação valiosa do desempenho da CE, constituindo um passo para sua implementação.</p>
<p>[47] CABEZA, L e ÜRGE-VORSATZ, D., 2020</p>	<p>Redefinir a influência das transições energéticas e tecnológicas no desafio das alterações climáticas</p>	<p>Discussão sobre a importância de abordar a eficiência energética dos edifícios de uma forma holística e transformacional, para evitar que medidas incrementais aumentem o efeito de aprisionamento.</p>	<p>Percebe-se que as políticas devem considerar uma transição energética do lado da procura, contrariamente ao discurso atual, onde o lado da oferta e a produção de energia são proeminentes. Conclui-se, ainda, que as questões mais importantes nesta transição energética são a divisão intergeracional e a justiça.</p>
<p>[48] DEUK-WOO, K. et al., 2020</p>	<p>Desenvolver um protótipo de plataforma integrada especializada em edifícios públicos, com vistas à superação do problema da duplicação ineficiente de informação pública; é necessário integrar informações sobre edifícios públicos e consumo de energia (as emissões anuais de gases com efeito de estufa e o consumo de energia dos edifícios) numa única plataforma.</p>	<p>Um protótipo de plataforma integrada especializada em edifícios públicos foi concebido e implementado com base na base de dados nacional de energia de edifícios. A plataforma foi projetada com o método de “correspondência de chave primária”, que vincula automaticamente o medidor de energia aos livros contábeis do edifício e coleta informações de operação do edifício e outras informações diversas de consumo de energia. O protótipo foi aplicado ao Public Building Energy Information System (PEIS) operado pela Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation.</p>	<p>Como resultado, espera-se que esta plataforma contribua para melhorar a eficiência do trabalho de gestão dos gases com efeito de estufa e da eficiência energética dos edifícios públicos.</p>

<p>[10] FARULLA, G. <i>et al.</i>, 2021</p>	<p>Analisar os indicadores existentes desenvolvidos no contexto de estudos teóricos, experimentais e numéricos sobre edifícios flexíveis, delineando a situação atual e a potencial perspectiva futura. Além disso, o artigo analisa brevemente a gama de serviços de rede que os edifícios flexíveis podem fornecer para apoiar a fiabilidade do sistema de energia elétrica, que é potencialmente desafiado pela crescente interconexão da geração renovável variável distribuída.</p>	<p>Os indicadores de correspondência de carga e interação com a rede foram examinados, pois são cruciais para investigar o desempenho acoplado entre a rede, as FER e a construção e avaliar o grau de sucesso das estratégias de controle da rede, decisões de dimensionamento ou investimento. A pesquisa permitiu a análise e comparação dos pontos fortes e fracos de cada KPI analisado. Por outro lado, a revisão dos KPI também permitiu destacar lacunas da literatura.</p>	<p>Para concluir, a pesquisa destacou que existe uma oportunidade para desenvolver novos KPIs para enfrentar os desafios dentro dos KPIs revisados. Além disso, trabalhos futuros poderão ser realizados para testar o desempenho destes indicadores em estudos de casos reais.</p>
<p>[32] HOICKA, C. e DAS, R., 2021</p>	<p>Verificar se (e como) as poupanças de GEE decorrentes da reabilitação de edifícios podem ser realizadas mais rapidamente do que as reduções de GEE de outros setores, e se proporcionam poupanças líquidas de custos ou são rentáveis em relação a medidas de mitigação.</p>	<p>Análise do uso de energia e a modernização de edifícios no Canadá.</p>	<p>Faz-se necessário: (1) focar a inovação em processos de modernização energética profunda, e não em ações singulares de modernização; (2) maximizar os benefícios sociais e ambientais; (3) melhorar a recolha e disponibilidade de dados para análise e entrega; (4) inovar para um processo de decisões e evitar “desistências” durante o processo de retrofit; e (5) concentrar a inovação em modelos de negócios que maximizem os benefícios.</p>
<p>[28] KONG, M. <i>et al.</i>, 2022</p>	<p>Verificar como a utilização de materiais reciclados em vez de materiais virgens afeta a instalação de sistemas de energias renováveis para a transição energética dos edifícios</p>	<p>ACV foi utilizada para estimar o uso de energia no ciclo de vida e as emissões de GEE de edifícios e sistemas de energia renovável com e sem uso de materiais reciclados. Para o estudo de caso, foram selecionados um edifício público e quatro sistemas fotovoltaicos (FV) representativos</p>	<p>Em geral, a substituição de material virgem por material reciclado reduziu mais as emissões de GEE incorporadas do que a energia incorporada. Devido à alta intensidade de carbono da energia operacional e dos materiais de construção sem contrapartidas disponíveis, o uso de materiais reciclados reduziu o uso de energia do ciclo de vida e as emissões de GEE do edifício em 4,9% e 3,3%. Este estudo demonstrou que o uso de materiais reciclados é eficaz na redução da energia incorporada e das emissões de GEE dos sistemas fotovoltaicos, bem como dos edifícios.</p>
<p>[36] KOURGIOZOU, V. <i>et al.</i>, 2023</p>	<p>Apresentar uma estrutura metodológica que utiliza métodos computacionais automatizados (3DStock, SimStock) para produzir modelos térmicos dinâmicos edifício por edifício.</p>	<p>Em vez de usar abordagens arquetípicas para representar a heterogeneidade do parque imobiliário, este trabalho desenvolveu uma abordagem automatizada de modelagem de estoque edifício por edifício com base em um estudo de caso. Os sistemas AVAC também são modelados com base na informação dos Certificados Energéticos de Apresentação. A calibração do modelo é realizada em nível de estoque em relação a dados reais de Sistemas de Monitoramento de Edifícios e dados de desempenho energético operacional seguindo o protocolo CIBSE TM63.</p>	<p>As verificações geométricas mostraram que 63% dos modelos correspondiam suficientemente à geometria real, enquanto a intensidade do uso de energia foi superestimada em cerca de 35% em todo o campus nos modelos de construção de referência parcialmente calibrados. Para uma tipologia, as comparações iniciais com um modelo totalmente calibrado indicaram pontos de ajuste de iluminação, refrigeração e aquecimento como fatores potenciais.</p>

[49] LUCCHI, E., 2022	Proporcionar um fórum para discutir e identificar novas tendências, problemas, oportunidades, desafios e desenvolvimentos futuros na eficiência energética de edifícios históricos.	Os estudos publicados consideram todas as fases do processo construtivo: (i) auditoria energética, (ii) comportamento energético e higratérmico, e (iii) retrofit energético. Foram discutidos os principais desafios, sugerindo abordagens inovadoras para equilibrar questões de conservação, eficiência energética, conforto humano e sustentabilidade ambiental.	Com simulações higratérmicas para avaliar diferentes sistemas de isolamento interno de paredes, sem gerar danos e problemas de umidade foi descoberto que a aplicação de impregnação hidrorrepelente torna-se essencial para garantir a integridade do envoltório do edifício.
[50] MAGRINI, A. et al., 2020	Mostrar como um desenho cuidadoso e integrado da envolvente e dos sistemas do edifício permite não só obter uma cobertura quase total do consumo de energia por fontes renováveis, mas também gerar um excedente de energia que poderia ser partilhado com redes urbanas (potencial PEB).	Revisão crítica das principais ações da União Europeia para o desenvolvimento dos modelos de design NZEB e PEB; algumas considerações sobre materiais e tecnologias avançadas (PCM, VIP, vidro inteligente, sistemas fotovoltaicos integrados) e, por último, é apresentado um estudo de caso (NZEB residencial unifamiliar).	Mostrou como um projeto cuidadoso e integrado da envolvente e os sistemas do edifício não só permitem obter uma cobertura quase total do consumo de energia por fontes renováveis, mas também para gerar um excedente de energia que possa ser partilhado com as redes urbanas
[51] NIZETIC, S. et al., 2023	Ajudar a compreender os mais recentes progressos no desenvolvimento de soluções tecnológicas inteligentes, tendo em consideração os aspectos da transição energética.	Apresentação dos últimos trabalhos de pesquisa apresentados na 6ª Conferência Internacional sobre Tecnologias Inteligentes e Sustentáveis, (SpliTech 2021), focados em Cidade Inteligente, Energia e Meio Ambiente, Modelagem de Engenharia, e-Saúde e Descarbonização do ambiente construído.	Os resultados da investigação apresentados na SpliTech 2021 ajudaram a compreender os mais recentes progressos no desenvolvimento de soluções tecnológicas inteligentes tendo em consideração os aspectos da transição energética.
[29] POPESCU, C. et al., 2022	Identificar os principais passos dados a nível da UE no processo de transição energética, destacando os autores, dada a complexidade do fenómeno e a sua importância na criação de uma economia de baixo carbono.	Análise quantidade de energia necessária, ano após ano, avaliação do aumento dos preços da energia e do aumento das emissões de gases com efeito de estufa, análise de riscos sobre a crise alimentar devido o aumento maciço da população mundial, avaliação do volume de resíduos de todos os tipos, bem como o esgotamento dos sistemas convencionais recursos.	Apresentou o elenco de ações para análise do comportamento de empresas e consumidores, dada a complexidade do fenómeno e sua importância na criação de uma economia de baixo carbono.
[34] SCHITO, E. e LUCCHI, E., 2023	Utilizar a investigação no desenvolvimento de metodologias e tecnologias que visem minimizar os requisitos energéticos de edifícios através de fontes de energia renováveis, conceitos de redes inteligentes, tecnologias de armazenamento de energia e técnicas de controle.	A pesquisa utilizou uma abordagem de métodos mistos, compreendendo uma revisão da literatura, estudos de caso e entrevistas.	Os resultados lançam luz sobre duas barreiras significativas nos regimes atuais. O incentivo a partilha colectiva de energia e podem inadvertidamente impedir o “prosumerismo” dos indivíduos e o favorecimento a indivíduos capazes de fazer investimentos de capital iniciais, tornando-os inacessíveis a uma grande parte dos cidadãos europeus.
[15] SIBILLA, M. et al., 2023	Para responder a questão de pesquisa: até que ponto edifícios abandonados podem ser convertidos em PEB (edifícios com energia positiva)? Qual seria o significado desta associação?	Este estudo desenvolveu um procedimento para transformar um edifício abandonado num PEB, implementado através de um estudo de caso de uma antiga unidade industrial italiana.	Os resultados apontaram as variáveis que impactam a configuração do PEB e foram utilizados para apoiar uma discussão de como repensar os edifícios abandonados como PEB pode impulsionar tendências para sincronizar a evolução sociotécnica das infraestruturas energéticas e dos planos de regeneração urbana.

<p>[38] TEMMES, A. <i>et al.</i>, 2021</p>	<p>Identificar os facilitadores e barreiras das funções TIS (Sistemas de Inovação Tecnológica) do motor de mercado.</p>	<p>Examinamos como o setor de energia limpa entra na fase de financiamento convencional, usando a Finlândia como caso empírico. Combinamos dados de entrevistas e fontes secundárias, que são analisados usando a estrutura de Sistemas de Inovação Tecnológica.</p>	<p>As conclusões mostram a interdependência dos vários TIS do setor da energia limpa, especialmente na criação de um mercado estável para as tecnologias em desenvolvimento. Especialmente o crescimento dos investimentos na produção de energia renovável está dependente do crescimento dos investimentos na electrificação e na gestão da intermitência da produção de energia.</p>
<p>[52] VUJANOVIC, M. <i>et al.</i>, 2021</p>	<p>Abordar os últimos progressos e as descobertas em pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de energia sustentável, sistemas energéticos e ambientais</p>	<p>Revisão de literatura, a partir de artigos selecionados da conferência sobre Desenvolvimento Sustentável de Sistemas de Energia, Água e Meio Ambiente (2019).</p>	<p>O modelo numérico baseado no método de Boltzmann de rede foi usado para a otimização do posicionamento da fonte de calor, resultando que o posicionamento ideal é alcançado para o local onde o tempo de carregamento e a taxa de armazenamento de energia são os mesmos.</p>

Fonte: desenvolvido pelos autores