

# Análise da abordagem simultânea de mudanças climáticas, cidade, edifício e desempenho termo energético: Revisão sistemática de literatura

*Análisis del enfoque simultáneo del cambio climático, la ciudad, la edificación y el desempeño termoenergético: revisión sistemática de la literatura*

**Sessão Temática: Ambiente construído, tecnologia e sustentabilidade**

CARVALHO, Amanda Rosa de; Mestre; UFRGS

amandarosadc@gmail.com

DALTROZO, Jenifer Godoy; Mestre; UFRGS

jegodoy.arq@gmail.com

MARTAU, BetinaTschiedel; Doutora; UFRGS

betina.martau@ufrgs.br

TORRES, Maurício C. Ayres; Doutor; UFRGS

mauricio.torres@ufrgs.br

## Resumo

O comportamento dos edifícios influenciado pelas suas relações com a cidade vem sendo objeto de discussão inevitável frente às mudanças climáticas e elevação da temperatura global. O presente artigo tem como objetivo identificar as principais abordagens da simultaneidade entre mudança climática, cidade, edifício e desempenho termo energético ao longo do tempo. A pesquisa exploratória com revisão sistemática de literatura focou-se na identificação dos métodos, ferramentas e temporalidade dos dados climáticos mais utilizados na comunidade científica. Os resultados apontaram que o método de simulação computacional vem se tornando referência para análise das temáticas, bem como softwares que abordem o edifício e o seu entorno. A principal lacuna de pesquisa encontrada foi a falta da avaliação das consequências climáticas futuras, sendo responsabilidade da comunidade científica aprofundar os estudos nessa temporalidade para criar edificações que proporcionem conforto térmico ao usuário com o uso adequado de energia.

**Palavras-chave:** mudança climática, cidade, edifício, desempenho termoenergético.

## Abstract

The behavior of buildings influenced by their relationship with the city has been the subject of inevitable discussion in the face of climate change and rising global temperatures. This article aims to identify the main approaches to the simultaneity between climate change, city, building and thermal energy performance over time. The exploratory research with a systematic literature review focused on identifying the methods, tools and temporality of climate data most used in the scientific community. The results showed that the

computational simulation method has become a reference for the analysis of thematic, as well as software that addresses the building and its surroundings. The main research gap found was the lack of assessment of future climate consequences, and it is the responsibility of the scientific community to deepen studies that address the future climate.

**Keywords:** climate change, urban and building, thermo-energy performance.

## 1. Introdução

A edificação é constituída por estruturas e sistemas complexos que devem proporcionar ambientes saudáveis ao usuário. Segundo a Norma de Edificações Habitacionais - Desempenho -(NBR 15575) (ABNT, 2021), o desempenho térmico da edificação depende de seus componentes, das áreas envidraçadas e de ventilação, bem como das cargas térmicas internas, do manuseio das aberturas e do clima da cidade. Esse desempenho possibilita que os ambientes internos atinjam níveis de conforto térmico na maior parte do tempo proporcionando assim salubridade ao usuário. Em alguns casos, não é possível atingir essa zona de conforto naturalmente, sendo necessário recorrer a sistemas de climatização artificial. Nessas situações, a edificação também deve considerar o desempenho energético para que o sistema de climatização seja utilizado de modo racional.

A elevação das temperaturas globais causadas pelas mudanças climáticas vem aumentando a necessidade de resfriar as edificações. Tendo como base o período pré-industrial (1850-1900), o IPCC (2019) registrou os maiores aumentos de temperatura nas últimas duas décadas. Em 2019, esses aumentos foram superiores a 1°C na média global e a 1,5°C na média global em zonas terrestres. Desde 1990, segundo o Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA)(2020), as vendas globais de sistema de climatização artificial quadruplicaram e a tendência para os próximos trinta anos, em virtude da elevação das temperaturas, é triplicar a necessidade de energia de resfriamento nas edificações. Isso pode sobrecarregar o sistema elétrico da cidade, gerando aumento na tarifa energética e deixando a cidade vulnerável a grandes apagões.

Outro fator que afeta o desempenho termo energético da edificação é o espaço urbano. Tsokaet *al.*(2021) afirmam que a urbanização crescente, o microclima urbano e a formação do efeito de ilha de calor urbano (ICU) agravam as alterações climáticas em curso e determinam o comportamento energético do edifício. Romano *et al.*(2021) demonstraram que o consumo de energia das edificações pode ser afetado em grande parte pela ICU, especialmente pelo calor residual dos sistemas de climatização. Isso é confirmado por Hosseini, Javanroodi e Nik(2022) quando revelaram que o microclima urbano aumentou em 17% os graus-dia de resfriamento (CDD) e reduziu em 7% os graus-dia de aquecimento (HDD) de dois edifícios residenciais na Suécia.

Todavia, segundo Machado(2019), a maior parte dos estudos de desempenho termo energético da edificação foram conduzidos para os edifícios em si, sem considerar o entorno. Já os estudos que consideram o entorno urbano ignoram a influência das

mudanças climáticas no microclima, o que os fragiliza. Logo, percebe-se que a maioria os estudos segregam as temáticas mudança climática, cidade, edifício e desempenho termo energético, podendo ser considerada uma simplificação excessiva, já que estes temas estão estreitamente relacionados.

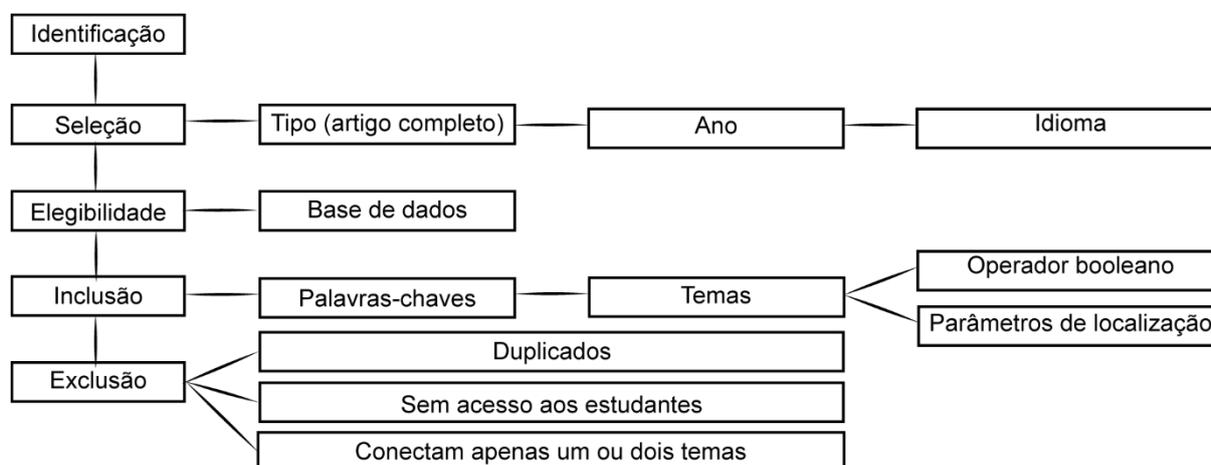
Dessa maneira, esse trabalho exploratório faz uma revisão sistemática de literatura, como objetivo de identificar, catalogar e analisar os principais estudos a partir da pergunta de pesquisa: “Quais as principais características dos estudos que abordam, simultaneamente, as temáticas mudança climática, cidade, edifício e desempenho termo energético ao longo do tempo?”.

O recorte neste trabalho exploratório para uma análise quantitativa ocorre em virtude da necessidade de estabelecer um cenário inicial sobre a conectividade entre as temáticas citadas anteriormente. Ao estabelecer esse cenário será possível realizar futuramente estudos mais aprofundados através de análises comparativas e qualitativas entre pontos identificados na presente análise.

## 2. Método

O método utilizado pela pesquisa foi baseado em uma revisão sistemática de literatura adaptado do protocolo de busca “Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises” (PRISMA), traduzido por Moheret *al.*(2015). Esse método consiste em um guia com foco nos relatos de meta-análises randomizados que atende vários avanços conceituais e práticos das revisões sistemáticas. Essa técnica foi utilizada por Brito, Silva e Checcucci(2022), para analisar o estado da arte de fabricação de montagem de formas arquitetônicas complexas, e por Kaneko-ito(2021), para analisar a inclusão e acessibilidade na Arquitetura com foco na iluminação, mostrando a relevância dessa técnica nos estudos de revisão sistemática. A Figura 1 sintetiza as etapas do protocolo de busca utilizado.

Figura 1: Fluxograma do protocolo de busca



Fonte: Adaptado de Moheret *al.*(2015)

Num primeiro momento, procurou-se eleger artigos completos, pois o método possui uma estrutura definida para analisar os resultados e discussões dos autores. Para selecionar argumentos mais atuais e de longo alcance, esses artigos deveriam ter sido publicados entre janeiro de 2011 e março de 2022 nos idiomas inglês ou português.

Com limitação da aquisição dos artigos físicos, optou-se por selecionar artigos com acesso virtual, disponibilizado nos bancos de dados das plataformas *Scopus*, *Science Direct* e Periódicos CAPES. Essas plataformas foram escolhidas por representarem alto grau de relevância nas áreas do estudo.

Foi delimitado um conjunto de palavras de busca que representassem as temáticas mudanças climáticas, cidade, edifício e desempenho termo energético. Palavras com mesma temática foram juntadas com o operador booleano “OR” por apresentarem significados semelhantes. O operador booleano “AND” foi utilizado para conectar palavras com temáticas diferentes. A busca dessas palavras (Quadro 1) foi restringida nos campos de “título”, “resumo” e “palavras-chaves” dos artigos através a implementação do parâmetro *TITLE-ABS-KEY*. Quadro 1

**Quadro 1:** Composição das palavras de busca utilizadas na revisão sistemática da literatura

TITLE-ABS-KEY						
Mudanças climáticas		Cidade		Edifício		Desempenho
“climatechange” OR “mudanças climáticas”	A N D	“urbanheatiland” OR “ilha de calor urbana” OR “microclimate” OR “microclima”	A N D	“building” OR “edifício”	A N D	“termal performance” OR “desempenho térmico” OR “energy performance” OR “desempenho energético”

Fonte: Autores.

Normalmente revisões em base de dados diferentes podem apresentar artigos duplicados, com acesso pago, muito abrangente ou sem conectividade com o propósito desta pesquisa. Em virtude disso, o processo de exclusão dos artigos envolveu descartar artigos duplicados; artigos em que os estudantes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) não possuíssem acesso online ou precisassem pagar pelo acesso; e artigos que não conectassem nos seus objetivos simultaneamente às quatro temáticas já citadas.

Após aplicar o protocolo de busca, os artigos restantes foram lidos dinamicamente e os dados coletados foram analisados quantitativamente em quatro etapas. Na primeira etapa, foram quantificados os artigos publicados anualmente, entre os anos 2011 e março de 2022, para compreender a tendência dos estudos realizados e sua evolução ao longo do tempo.

Na segunda etapa, os métodos utilizados nos artigos coletados foram identificados e quantificados para perceber as abordagens mais utilizadas pelos cientistas. Com o objetivo de analisar as tendências de crescimento de pesquisas, nesta mesma etapa, foram gerados

gráficos dos dois métodos mais citados em relação aos últimos três anos (2019, 2020 e 2021), com exceção de 2022 em virtude de ser o presente ano e por existir a possibilidade de novas publicações de artigos durante esta revisão sistemática de literatura, não sendo relevante estatisticamente.

Na terceira etapa, os tipos de ferramentas utilizadas nos artigos foram elencados e aplicados no *software Infogram* que tem como uma de suas funções, a geração de gráficos no formato nuvem de palavras a fim de identificar quais foram mais citadas. Com isso foi possível distinguir as ferramentas mais aceitas no meio científico. Em seguida, foram selecionadas as sete ferramentas mais citadas e desenvolvida uma análise em relação aos últimos três anos (2019, 2020 e 2021) com o objetivo de investigar suas tendências de crescimento, estabilidade ou queda.

Na quarta etapa foi quantificada a temporalidade dos dados climáticos entre dados passados, presentes e futuros com objetivo de identificar se os autores abordam dados com mudanças que já ocorreram ou estão para acontecer. Nessa quantificação também se incluíram subcategorias em que os autores consideravam mais de uma temporalidade, sendo elas: passado e presente, e presente e futuro. Em seguida, foi elaborado um gráfico de análise de tendência semelhante ao mencionado na etapa três.

### 3. Resultados e discussão

No início desta revisão sistemática de literatura foram encontrados 477 artigos. Após aplicação na íntegra do protocolo de busca mencionado no método o número de artigos foi reduzido a 49. Esses artigos foram lidos e analisados nesta pesquisa. O Quadro 2 sintetiza todos os autores encontrados conforme o ano de publicação.

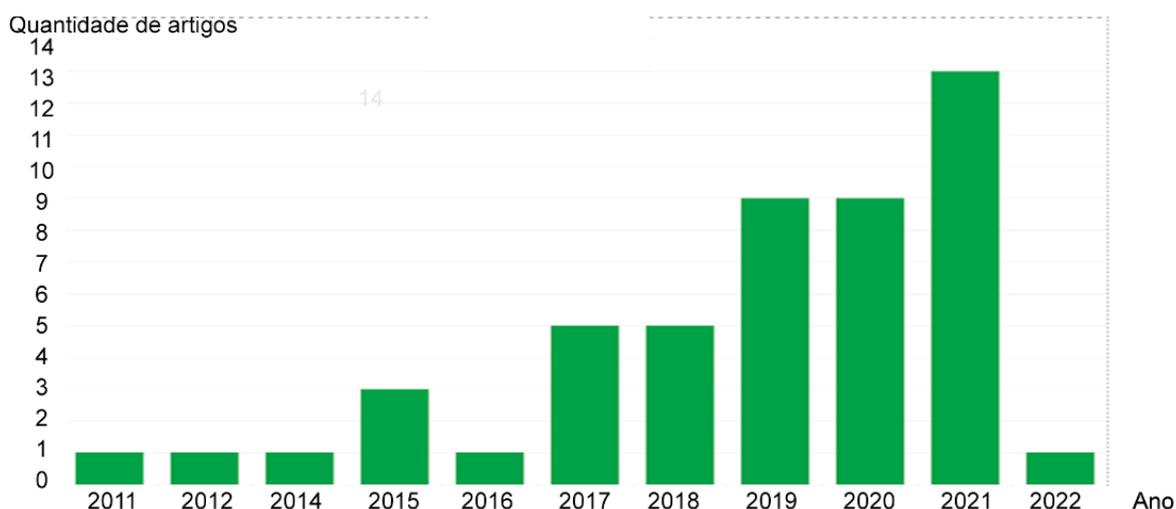
**Quadro 2:** Autores segundo o ano de publicação.

Anos	Autores
2011 a 2016	Chan (2011);Chen <i>et al.</i> (2014);Dernie e Gaspari(2015);Pisello <i>et al.</i> (2015); Piselli, Di grazia e Pisello(2020);Yang, Wang e Kaloush(2015); Zinzie <i>t al.</i> (2016)
2017 a 2022	Ali-toudert e Ji (2019);Attia e Gobin(2020);Battista,Roncone e Lietovollaro(2021);Benamor e Benabbas(2019);Benjamin, Luo e Wang (2021);Calice <i>et al.</i> (2017);Ciancio <i>et al.</i> (2018); Dernie e Gaspari(2020);Graham <i>et al.</i> (2020);Hirano <i>et al.</i> (2019);Hosseini; JavanroodieNik(2022);Ibrahim <i>et al.</i> (2021);Ignatiuse <i>et al.</i> (2019);Jankovic (2018);Janssense <i>et al.</i> (2021);Kaboré <i>et al.</i> (2018);Guattari, Evangelisti e Balaras (2018); Lipson <i>et al.</i> (2019); Lima e Scalco e Lamberts(2019); Liu <i>et al.</i> (2017); Kaboré, Bozonnet e Salagnac(2020);Luca, Naboni e Lobaccaro(2021);Kolokotronie <i>et al.</i> (2012); Maiullarie <i>et al.</i> (2021);Mauree <i>et al.</i> (2017);Mostafavie <i>et al.</i> (2021); Mutani, Todeschi e Beltramino(2020);Pfafferott <i>et al.</i> (2021);Piselli, Di grazia e Pisello(2020); Pioppie <i>et al.</i> (2020);Romano <i>et al.</i> (2021);Rubaszek <i>et al.</i> (2021); Rupasinghe e Halwatura(2020);Stavrakakis, Katsaprakakis e Damasiotis(2021);Tian <i>et al.</i> (2021);Tsoka <i>et al.</i> (2021);Tsoka, Tsikaloudaki e Theodosiou, (2019);Smith <i>et al.</i> (2019);Summa <i>et al.</i> (2020);Vallati, Mauri e Colucci(2019); Vuckovic, Kiesel e Mahdavi(2017); Zinzi e Carnielo(2017);Zinzi, Carnielo e Mattoni(2018); Zinzie <i>et al.</i> (2020)

Fonte: Autores.

Em relação à periodicidade dos artigos publicados, o Gráfico 1 demonstra crescimento nos estudos que abordam simultaneamente mudanças climáticas, cidade, edifício e desempenho termo energético. Os últimos cinco anos (2017-2021) são responsáveis por 84% dos artigos publicados de um total de 49. Em 2021 houve a maior quantidade de artigos publicados, representando aproximadamente 26% das publicações. Isso, juntamente com a tendência crescente de publicações, demonstra a importância em que pesquisadores estão atribuindo para a relação entre essas quatro temáticas.

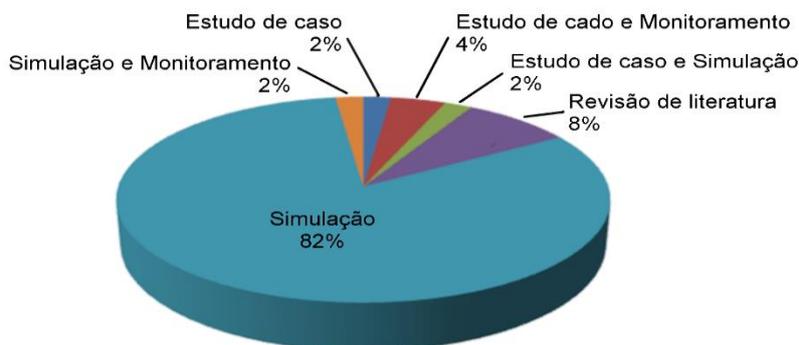
**Gráfico 1:**Quantidade de Artigos X Ano



Fonte: Autores

Ao analisar as metodologias utilizadas nos artigos selecionados, é possível identificar quatro metodologias mais usuais: estudo de caso, monitoramento, simulação e revisão de literatura. Entretanto foi observado que os estudos podem utilizar mais de uma dessas metodologias no seu processo, assim como mostra o Gráfico 2. A simulação computacional é a metodologia mais utilizada, combinada ou não com outros métodos, representado 86% dos estudos em um total de 49 estudos. Os avanços tecnológicos de programas e equipamentos permitem criar diferentes cenários em um único estudo, favorecendo a utilização dessa metodologia nos estudos. A segunda metodologia mais utilizada é a revisão de literatura, representando apenas 8% dos estudos do total geral de artigos analisados.

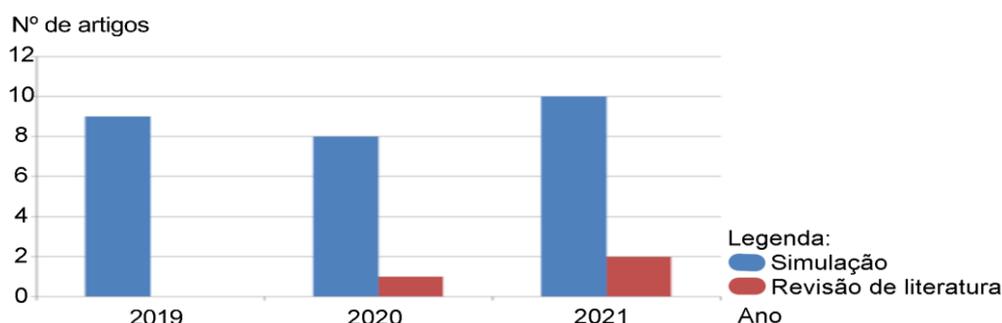
**Gráfico 2: Metodologias utilizadas**



Fonte: Autores

Como a simulação e a revisão de literatura foram às metodologias mais utilizadas, buscou-se analisar suas tendências entre os anos de 2019 e 2021. Conforme mostra o Gráfico 3, é possível identificar uma estabilidade média dentro desses últimos anos em ambas as metodologias, com uma leve tendência crescente na revisão de literatura. O crescimento dessa última indica que o processo de compreensão de um cenário geral que relacione as quatro temáticas citadas anteriormente ainda está no estágio inicial, sendo importante aprofundar o processo de análise para definir melhor esse cenário.

**Gráfico 3: Tendência do uso das metodologias**

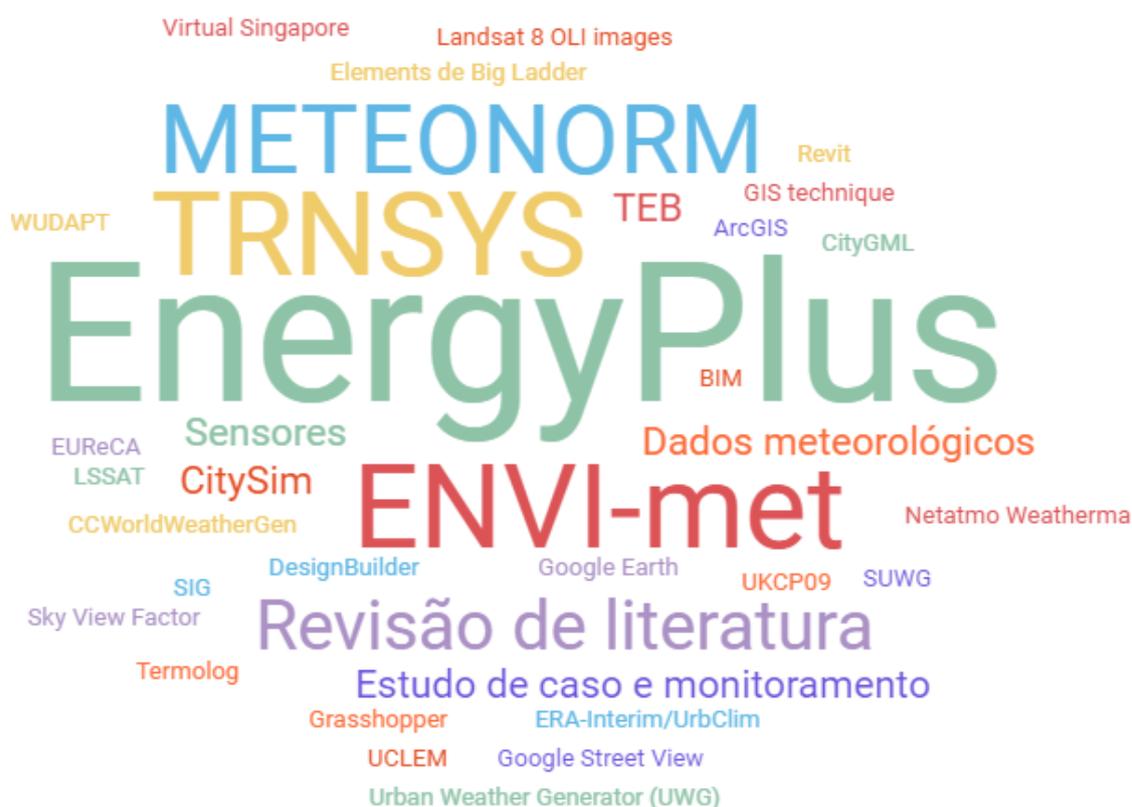


Fonte: Autores

Nas metodologias mencionadas anteriormente foram quantificadas as ferramentas mais usadas, sejam elas utilizadas de forma isoladas ou combinadas. Assim, conforme mostra a nuvem de palavras representada na Figura 2, o *EnergyPlus*, *TRNSYS*, *Envi-met* e *Meteonorm* são as ferramentas mais utilizadas nos estudos, demonstrando sua aceitação no meio científico. Essas ferramentas podem ser divididas em dois grupos: modelagem do edifício e clima. No grupo da “modelagem”, o *Energyplus* e *TRNSYS* focam em simular a energia da edificação através de modelagem 3D e parametrização. No grupo “clima” estão o *Envi-met* e o *Meteonorm* que podem criar dados climáticos. O *Envi-met* pode simular o microclima de uma cidade, identificando superfícies do entorno. Já *Meteonorm* fornece

acesso aos anos típicos, séries temporais históricas e cria arquivos climáticos que incluem três cenários projeções climáticas para o ano de 2100 de várias localidades, a fim de simular as possíveis mudanças climáticas baseadas nas séries históricas e nas tendências.

Figura 2: Nuvem de palavras - ferramentas mais utilizadas nos estudos analisados

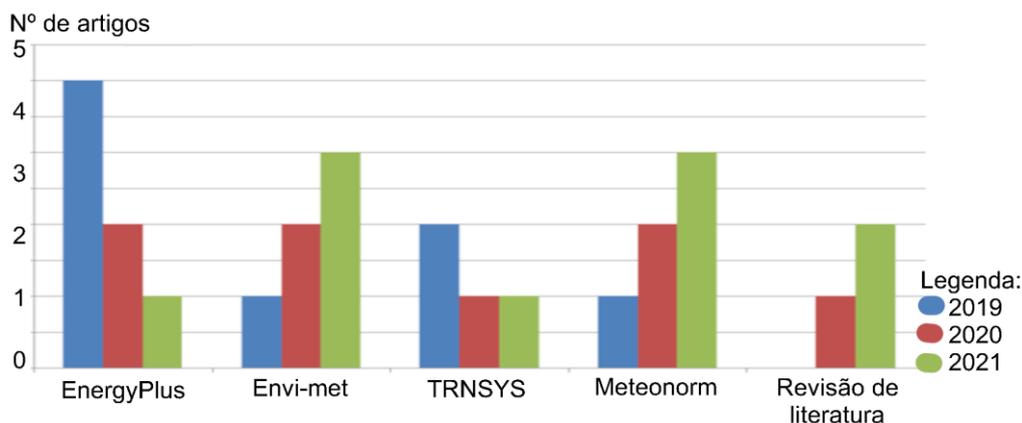


Fonte: Autores

A partir da identificação das ferramentas mais utilizadas nos estudos selecionados, foi possível analisar tendências de uso das ferramentas entre os anos de 2019 e 2021, o Gráfico 4 sintetiza os quantitativos dessas tendências. Com isso, foi possível identificar que as ferramentas *TRNSYS* e *Energyplus* têm demonstrado queda constante no seu uso. Isso pode estar associado à diversificação de *plugins* e *softwares* de modelagem do desempenho da edificação, sendo algumas dessas ferramentas o *Ladybug*, *Grasshopper* (*Rhinoceros*)(HOSSEINI; JAVANROODI; NIK, 2022) e o *AccuRateea*(CHEN *et al.*, 2014). No entanto, o *Meteonorm* e *Envi-met* vêm apresentando crescimentos constantes nos últimos anos. Ou seja, é possível identificar mais aplicação dos *softwares* de modificação do clima nos últimos anos, seja para considerar as influências das variáveis do entorno no clima local (*Envi-met*), seja na modificação do clima para projeções futuras ou ainda na criação de arquivos climáticos com base de série histórica. Isso indica aumento na preocupação dos

pesquisadores em considerar as variáveis mudanças climáticas e a cidade nas análises de desempenho termo energético das edificações.

**Gráfico 4:** Tendência do uso das ferramentas por ano

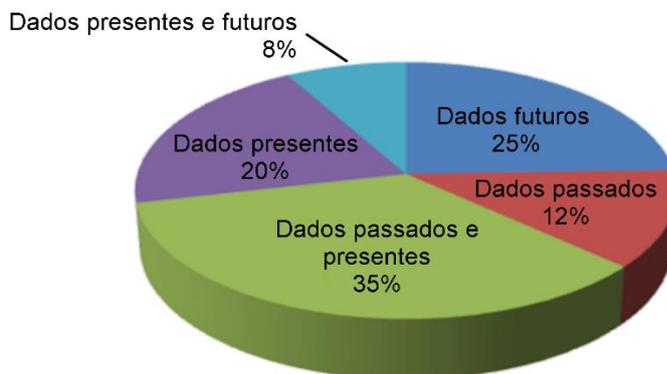


Fonte: Autores

Como os dados climáticos são indispensáveis para analisar o desempenho termo energético da edificação, foi relacionado à temporalidade desses dados entre passado, presente e futuro. Essa diferenciação é relevante para identificar se os dados estão sendo usados baseados em medições existentes (dados passados), medições ativas (presente) ou projeções (futuras).

Assim como demonstra o Gráfico 5, dos 49 estudos coletados, 57% consideram apenas uma temporalidade de dados, enquanto 43% abordam duas temporalidades. Nenhum dos estudos abordam simultaneamente as três temporalidades. Esses quantitativos mostram prevalência de estudos que abordam apenas uma temporalidade, tratando o clima como algo estático. Os estudos com dados presentes foram os mais realizados (63%), seguidos de dados passados (47%), sendo os menos realizados com foco em dados futuros (33%). Quando se abordam mudanças climáticas nessa perspectiva, pode-se dizer que a comunidade científica baseia suas conclusões e soluções num clima passado, cujos eventos já ocorreram e podem ser diferentes nos anos seguintes. Ademais, ao usarem dados passados, cujas mudanças climáticas são mais brandas do que as atuais, os resultados dessas pesquisas tendem a gerar resultados mais otimistas, seja no consumo de energia ou desempenho térmico das edificações. Ou seja, há probabilidade das edificações consumirem mais energia e gerarem mais calor durante suas vidas úteis do que os resultados mostram. Por isso, considerar o clima futuro nas análises de desempenho termo energético das edificações é fundamental para compreender mudanças de comportamento durante seus ciclos de vida.

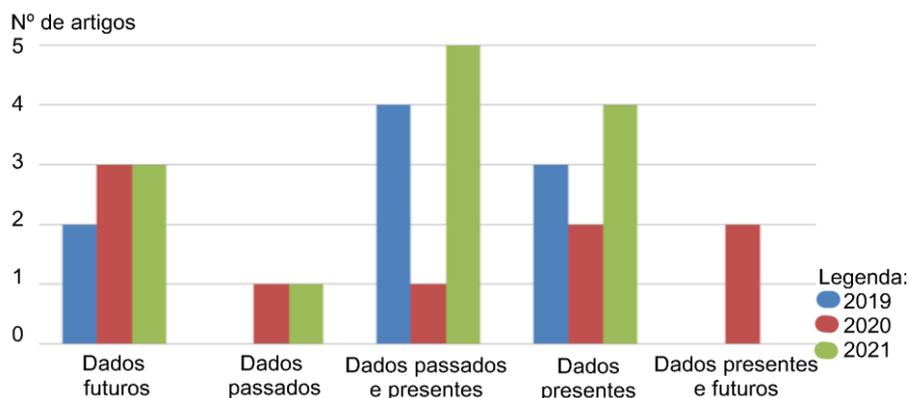
**Gráfico 5:** Temporalidade dos dados nos artigos analisados



Fonte: Autores

Ao distribuir os artigos encontrados conforme a temporalidade dos dados climáticos e as publicações entre 2019 e 2021, conforme o Gráfico 6, foi possível identificar instabilidade na publicação de artigos que abordem dados climáticos presentes ou presentes e passados, e estabilidade nos dados passados nos últimos três anos. Além disso, os estudos que consideraram dados futuros cresceram sensivelmente, seguidos de uma estabilidade. Já os estudos que abordaram dados presentes e futuros só aparecem em 2020. Isso reforça a ideia de que a comunidade científica ainda se baseia mais em climas passados, tendo poucos estudos que consideram as consequências climáticas que estão para acontecer. Ademais, dos 49 artigos publicados em dez anos, apenas 2 artigos relacionam o clima presente com o futuro, mostrando uma lacuna a ser melhor explorada. É imprescindível compreender o comportamento do desempenho termo energético das edificações, principalmente das existentes, em suas vidas úteis. Isso está diretamente relacionado com o cenário em que elas foram construídas e os próximos anos em que passarão por grandes modificações climáticas.

**Gráfico 6:** Tendência da temporalidade dos dados



Fonte: Autores

#### 4. Conclusões

Esta pesquisa teve como objetivo responder a seguinte pergunta: “Quais as principais características dos estudos que abordam, simultaneamente, as temáticas mudança climática, cidade, edifício e desempenho termo energético ao longo do tempo?”, através de revisão sistemática de literatura e análise quantitativa. O estudo exploratório focou-se na identificação dos métodos, ferramentas e temporalidade dos dados climáticos mais utilizados na comunidade científica, além das lacunas para novas pesquisas que relacionem simultaneamente mudanças climáticas, a cidade, o edifício e o desempenho termo energético.

A revisão sistemática de literatura indicou que há diversos métodos, ferramentas e temporalidade dos dados climáticos para analisar simultaneamente as temáticas mudanças climáticas, cidade, edifício e desempenho termo energético. Sendo que a escolha de qual técnica o pesquisador deve utilizar no seu estudo depende exclusivamente do enfoque do estudo.

Os principais métodos identificados nesta revisão sistemática de literatura foram simulação, estudo de caso, monitoramento e revisão de literatura, os quais podem ser utilizados de forma isolada ou em conjunto. As principais ferramentas identificadas foram *EnergyPlus*, *Envi-met*, *TRNSYS*, *Meteonorm*, focadas no processo de simulação computacional. Já as temporalidades dos arquivos climáticos identificadas neste estudo se baseavam em dados passados, presentes e futuros, sendo esses dados abordados individualmente ou em conjunto com outras temporalidades.

Por fim, a revisão sistemática de literatura reconheceu que essas quatro temáticas ainda são abordadas superficialmente pela comunidade científica quando analisadas simultaneamente, sendo necessário que mais estudos sejam realizados. Outro ponto relevante foi que a maioria dos estudos baseia suas conclusões e soluções num clima passado, cujos eventos já ocorreram e sem considerar as possíveis diferenças nos anos seguintes. Isso evidencia uma lacuna de pesquisa, pois é necessário que os projetos de edifícios e das cidades atendam não somente as necessidades do usuário de hoje, mas também das gerações futuras. Sendo assim, é responsabilidade da comunidade científica aprofundar estudos que considerem o clima futuro para possibilitar a criação de edificações com conforto térmico e com o uso adequado de energia, evitando assim problemas estruturais energéticos como apagões, além de in(salubridade) aos indivíduos.

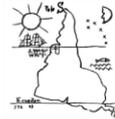
#### Referências:

ABNT NBR. **NBR15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2021.

- ALI-TOUDERT, F.; JI, L. A multi-scale and GIS-based investigation of climate change effects on urban climate and building energy demand for the city of Stuttgart. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 1343, n. 1, 2019.
- ATTIA, S.; GOBIN, C. Climate change effects on Belgian households: A case study of a nearly zero energy building. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 20, 2020.
- BATTISTA, G.; RONCONE, M.; VOLLARO, E. de L. Urban overheating impact: A case study on building energy performance. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 11, n. 18, 2021
- BENAMOR, K.; BENABBAS, M. Effect of street morphology on buildings' thermal storage in a hot and arid climate: Case study of Biskra (Algeria). **Journal of Building Materials and Structures**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 97–106, 2019.
- BENJAMIN, K.; LUO, Z.; WANG, X. Crowdsourcing urban air temperature data for estimating urban heat island and building heating/cooling load in London. **Energies**, [s. l.], v. 14, n. 16, 2021.
- BRITO, B. L. de; SILVA, F. T. da; CHECCUCCI, É. de S. Construtibilidade de formas arquitetônicas complexas: ma revisão sistemática da literatura. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 159–175, 2022.
- CALICE, C. *et al.* Urban heat island effect on the energy consumption of institutional buildings in Rome. **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], v. 245, 2017.
- CHAN, A. L. S. Developing a modified typical meteorological year weather file for Hong Kong taking into account the urban heat island effect. **Building and Environment**, [s. l.], v. 46, n. 12, p. 2434–2441, 2011.
- CHEN, D. *et al.* Urban vegetation for reducing heat related mortality. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 192, p. 275–284, 2014.
- CIANCIO, V. *et al.* Influence of input climatic data on simulations of annual energy needs of a building: EnergyPlus and WRF modeling for a case study in Rome (Italy). **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 10, 2018.
- DERNIE, D.; GASPARI, J. Building envelope over-cladding: impact on energy balance and microclimate. **Buildings**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 715–735, 2015.
- GRAHAM, J. *et al.* Microclimate analysis as a design driver of architecture. **Climate**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 1F-1F, 2020.
- HIRANO, Y. *et al.* Simulation-based evaluation of the effect of green roofs in office building districts on mitigating the urban heat island effect and reducing CO2 Emissions. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 7, 2019.
- HOSSEINI, M.; JAVANROODI, K.; NIK, V. M. High-resolution impact assessment of climate change on building energy performance considering extreme weather events and microclimate – Investigating variations in indoor thermal comfort and degree-days. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 78, 2022.
- IBRAHIM, Y. *et al.* On the optimization of urban form design, energy consumption and outdoor thermal comfort using a parametric workflow in a hot arid zone. **Energies**, [s. l.], v. 14, n. 13, 2021.

- IGNATIUS, M. *et al.* Virtual Singapore integration with energy simulation and canopy modelling for climate assessment. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 294, n. 1, 2019.
- IPCC. **Climate change and Land**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM\\_Approved\\_Microsite\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf). Acesso em: 3 Jul. 2022.
- JANKOVIC, L. Designing Resilience of the Built Environment to Extreme Weather Events. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2018.
- JANSSENS, A. *et al.* Influence of climate change on the energy performance assessment of NZEB houses. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 2069, n. 1, p. 012064, 2021.
- KABORÉ, M. *et al.* Indexes for passive building design in urban context – indoor and outdoor cooling potentials. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 173, p. 315–325, 2018.
- KABORÉ, M.; BOZONNET, E.; SALAGNAC, P. Building and urban cooling performance indexes of wetted and green roofs—A case study under current and future climates. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 23, p. 6192, 2020.
- KANEKO-ITO, M. A. **Inclusão e acessibilidade na Arquitetura: revisão sistemática sobre iluminação e baixa visão**. 2021. Dissertação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- KOLOKOTRONI, M. *et al.* London's urban heat island: Impact on current and future energy consumption in office buildings. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 47, p. 302–311, 2012.
- LIMA, I.; SCALCO, V.; LAMBERTS, R. Estimating the impact of urban densification on high-rise office building cooling loads in a hot and humid climate. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 182, p. 30–44, 2019.
- LIPSON, M. J. *et al.* Climate change impact on energy demand in building-urban-atmosphere simulations through the 21st century. **IOP Publishing**, [s. l.], v. 14, 2019.
- LIU, Y. *et al.* Comparing micro-scale weather data to building energy consumption in Singapore. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 152, p. 776–791, 2017.
- LUCA, F. de; NABONI, E.; LOBACCARO, G. Tall buildings cluster form rationalization in a Nordic climate by factoring in indoor-outdoor comfort and energy. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 238, 2021.
- MACHDADO, R. M. e S. **Modelagem do impacto da ilha de calor sobre o desempenho energético de escritórios condicionados artificialmente**. 2019. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, Florianópolis, 2019.
- MAIULLARI, D. *et al.* Climate change and indoor temperature variation in Venetian buildings: the role of density and urban form. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 2042, n. 1, p. 012060, 2021.
- MAUREE, D. *et al.* Multi-scale modelling to evaluate building energy consumption at the neighbourhood scale. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 12, n. 9, 2017.
- MOHER, D. *et al.* Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], v. 24, n. 2, 2015.
- MOSTAFAVI, N. *et al.* The relationship between urban density and building energy consumption. **Buildings**, [s. l.], v. 11, n. 10, 2021.

- MUTANI, G.; TODESCHI, V.; BELTRAMINO, S. Energy consumption models at urban scale to measure energy resilience. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 14, 2020.
- PFATTEROTT, J. *et al.* Towards a generic residential building model for heat–health warning systems. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 18, n. 24, 2021.
- PIOPPI, B. *et al.* Cultural heritage microclimate change: Human-centric approach to experimentally investigate intra-urban overheating and numerically assess foreseen future scenarios impact. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 703, p. 134448, 2020.
- PISELLI, C.; DI GRAZIA, M.; PISELLO, A. L. Combined effect of outdoor microclimate boundary conditions on air conditioning system’s efficiency and building energy demand in net zero Energy Settlements. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 15, p. 6056, 2020.
- PISELLO, A. L. *et al.* The impact of local microclimate boundary conditions on building energy performance. **Sustainability**, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 9207–9230, 2015.
- ROMANO, P. *et al.* Assessment of the urban heat island impact on building energy performance at district level with the EURECA Platform. **Climate**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 48, 2021.
- RUBASZEK, J. *et al.* Procedure for the selection and evaluation of prefabricated housing buildings for the implementation of green roofs in the context of Urban Heat Island mitigation. The example of Wrocław, Poland. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 16, n. 10, 2021.
- RUPASINGHE, H. T.; HALWATURA, R. U. Benefits of implementing vertical greening in tropical climates. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s. l.], v. 53, p. 126708, 2020.
- SMITH, S. M. *et al.* The growing threat of heat disasters. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 14, n. 5, 2019.
- STAVRAKAKIS, G. M.; KATSAPRAKAKIS, D. al; DAMASIOTIS, M. Basic principles, most common computational tools, and capabilities for building energy and urban microclimate simulations. **Energies**, [s. l.], v. 14, n. 20, p. 6707, 2021.
- SUMMA, S. *et al.* Impact of climate change on the energy and comfort performance of nZEB: A case study in Italy. **Climate**, [s. l.], v. 8, n. 11, 2020.
- TIAN, L. *et al.* Review on urban heat island in China: methods, its impact on buildings energy demand and mitigation strategies. **Sustainability**, [s. l.], v. 13, n. 2, 2021.
- TSOKA, S. *et al.* Evaluating the combined effect of climate change and urban microclimate on buildings’ heating and cooling energy demand in a Mediterranean city. **Energies**, [s. l.], v. 14, n. 18, 2021.
- TSOKA, S.; TSIKALOUDAKI, K.; THEODOSIOU, T. Coupling a building energy simulation tool with a microclimate model to assess the impact of cool pavements on the building’s energy performance application in a dense residential area. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 9, p. 2519, 2019.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **2020 Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector**. Nairobi: [s. n.], 2020.
- VALLATI, A.; MAURI, L.; COLUCCI, C. How the urban environment affects the microclimate and the building energy demand for the city of Rome. **Thermal Science**, [s. l.], v. 23, p. 1035–1042, 2019.



- VUCKOVIC, M.; KIESEL, K.; MAHDAVI, A. The extent and implications of the microclimatic conditions in the urban environment: A Vienna case study. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 9, n. 2, 2017.
- YANG, J.; WANG, Z. H.; KALOUSH, K. E. Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 47, p. 830–843, 2015.
- ZINZI, M. *et al.* On the thermal response of buildings under the synergic effect of heat waves and urban heat island. **Solar Energy**, [s. l.], v. 211, p. 1270–1282, 2020.
- ZINZI, M.; CARNIELO, E. Impact of urban temperatures on energy performance and thermal comfort in residential buildings. The case of Rome, Italy. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 157, p. 20–29, 2017.
- ZINZI, M.; CARNIELO, E.; MATTONI, B. On the relation between urban climate and energy performance of buildings. A three-years experience in Rome, Italy. **Applied Energy**, [s. l.], v. 221, p. 148–160, 2018.