Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
ISSN 2237-8642

CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS: MÉTODOS, CARACTERÍSTICAS E OBJETIVOS NO ESTUDO DO CLIMA

Climate classifications: methods, characteristics and objectives in climate study

Clasificaciones climáticas: métodos, características y objetivos en el estudio del clima

Maria do Socorro Silva Salvador
Universidade Federal do Paraná
maria.salvador6991@gmail.com

Tony Vinícius Moreira Sampaio
Universidade Federal do Paraná
tonysampaio@ufpr.br

Pedro Augusto Breda Fontão
Universidade Federal do Paraná
pedrofontao@ufpr.br

Resumo: As classificações climáticas são essenciais na compreensão dos padrões climáticos em diferentes escalas, com aplicações em agricultura, planejamento urbano e estudos ambientais. Este estudo tem como objetivo relacionar diferentes classificações climáticas, analisando seus propósitos, contextos de aplicação e impactos em pesquisas e processos de classificação. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática baseada no protocolo PRISMA, com a análise de 31 artigos publicados entre 2000 e 2023, selecionados das bases Web of Science e Scopus. Os resultados mostraram uma constante busca pelo aprimoramento das classificações climáticas, com destaque para os sistemas Köppen, Köppen-Geiger e Köppen-Trewartha, amplamente utilizados na elaboração de mapas climáticos, identificação de mudanças climáticas e avaliação de impactos ambientais. Além disso, evidenciou-se a importância dessas classificações para o avanço científico, com aplicações em áreas como saúde, hidrologia, vegetação e energia. A revisão sistemática revelou uma grande diversidade de aplicações das classificações climáticas, mas também destacou que a maioria dos estudos se concentra em melhorar as classificações existentes e desenvolver novos mapeamentos. Isso indica que, apesar da relevância reconhecida dessas ferramentas, ainda existem lacunas e desafios a serem

superados para a criação de métodos mais precisos e abrangentes, capazes de atender às demandas atuais e futuras relacionadas ao clima.

Palavras-chave: Padrões climático. Mapas climáticos. PRISMA.

Abstract: Climate classifications are essential for understanding weather patterns at different scales, with applications in agriculture, urban planning, and environmental studies. This study aims to relate different climate classifications, analyzing their purposes, application contexts and impacts on research and classification processes. To this end, a systematic review based on the PRISMA protocol was carried out, with the analysis of 31 articles published between 2000 and 2023, selected from the Web of Science and Scopus databases. The results showed a constant search for the improvement of climate classifications, with emphasis on the Köppen, Köppen-Geiger and Köppen-Trewartha systems, widely used in the elaboration of climate maps, identification of climate change and evaluation of environmental impacts. In addition, the importance of these classifications for scientific advancement was evidenced, with applications in areas such as health, hydrology, vegetation and energy. The systematic review revealed a wide diversity of applications of climate classifications, but also highlighted that most studies focus on improving existing classifications and developing new mappings. This indicates that, despite the recognized relevance of these tools, there are still gaps and challenges to be overcome in order to create more accurate and comprehensive methods capable of meeting current and future climate-related demands.

Keywords: Climate patterns. Climate maps. PRISMA.

Resumen: Las clasificaciones climáticas son esenciales para comprender los patrones climáticos a diferentes escalas, con aplicaciones en agricultura, planificación urbana y estudios ambientales. Este estudio tiene como objetivo relacionar diferentes clasificaciones climáticas, analizando sus propósitos, contextos de aplicación e impactos en los procesos de investigación y clasificación. Para ello, se realizó una revisión sistemática basada en el protocolo PRISMA, con el análisis de 31 artículos publicados entre 2000 y 2023, seleccionados de las bases de datos Web of Science y Scopus. Los resultados mostraron una búsqueda constante de la mejora de las clasificaciones climáticas, con énfasis en los sistemas de Köppen, Köppen-Geiger y Köppen-Trewartha, ampliamente utilizados en la elaboración de mapas climáticos, identificación de cambios climáticos y evaluación de impactos ambientales. Además, se evidenció la importancia de estas clasificaciones para el avance científico, con aplicaciones en áreas como la salud, la hidrología, la vegetación y la energía. La revisión sistemática reveló una amplia diversidad de aplicaciones de las clasificaciones climáticas, pero también destacó que la mayoría de los estudios se centran en mejorar las clasificaciones existentes y desarrollar nuevos mapeos. Esto indica que, a pesar de la reconocida relevancia de estas herramientas, todavía hay brechas y desafíos que superar para crear métodos más precisos y completos capaces de satisfacer las demandas actuales y futuras relacionadas con el clima.

Palabras clave: Patrones climáticos. Mapas Climáticos. PRISMA.

Submetido em: 13/03/2025
Aceito para publicação em: 10/09/2025
Publicado em: 23/10/2025

1. INTRODUÇÃO

As classificações climáticas desempenham um papel fundamental na compreensão dos padrões climáticos, fornecendo uma estrutura organizada para categorizar e descrever as características do clima em diferentes regiões do mundo (Nóbrega, 2010; Gallardo et al., 2013). Essas classificações permitem a identificação de zonas climáticas distintas e facilitam a análise dos padrões de temperatura, precipitação e outros elementos climáticos (Rubel; Kottek, 2010; Zhang; Gao, 2023).

Os Sistemas de Classificações Climáticas (SCC) são comumente abordados de maneira didática, principalmente em disciplinas como Geografia e Climatologia (Sarricolea; Herrera-Ossandon; Meseguer-Ruiz, 2017). Contudo, é evidente que sua aplicação vai além desses campos específicos, sendo utilizados em diferentes áreas, como agricultura, planejamento urbano e estudos ambientais (Nóbrega, 2010).

Na agricultura, por exemplo, a compreensão das diferentes zonas climáticas permite selecionar as culturas mais adequadas para cada região, otimizando os recursos hídricos e garantindo a produtividade (Barbosa, 2005; Sá Junior et al., 2011; Aparecido et al., 2016; Passos; Zambrzyck; Pereira, 2017; Oliveira, 2023).

Estudos como os de Medeiros et al. (2013), utilizaram a classificação climática Thornthwaite e o zoneamento agroclimático para identificar as principais culturas exploradas o município de Amarante – PI, com intuito de determinar as condições mais adequadas para a semeadura na região. Medeiros et al. (2015), também empregaram a classificação climática de Thornthwaite para analisar a aptidão de cultivo de 11 culturas no município de Barbalha – CE.

No planejamento urbano, as classificações climáticas auxiliam na identificação de áreas suscetíveis a fenômenos climáticos extremos, orientando o desenvolvimento de infraestrutura resiliente e a implementação de políticas de adaptação (Yangi; Matzarakis, 2016). Neste sentido, Sebestyén et al. (2023) utilizaram a classificação climática proposta por Köppen-Geiger para analisar os perigos das alterações climáticas, em 776 cidades localizadas em 84 países diferentes, propondo medidas de mitigação.

Nos estudos ambientais, a análise das variações climáticas é essencial para compreender os padrões de distribuição de espécies, monitorar mudanças nos ecossistemas e prever os impactos das alterações climáticas globais (Roderfeld et al., 2008; Tapiador et al.,

2019). Silva Filho et al. (2021) abordaram a influência da classificação climática de Köppen na vegetação, destacando que o clima é crucial para a preservação das matas secundárias em regeneração, ao garantir o regime de chuvas adequado. A manutenção dessa vegetação é essencial para o equilíbrio climático em várias escalas e para a conservação das nascentes de rios, que abastecem as bacias hidrográficas e sustentam a vida local.

Desta forma, as classificações climáticas fornecem informações fundamentais para a gestão sustentável dos recursos naturais e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas em diversas âmbito da sociedade (Chen; Chen, 2013). O correto emprego das classificações climáticas fornece subsídios para tomada de decisões e entendimento de processos complexos como a distribuição de espécies de vegetação (Baker et al., 2010).

De acordo com Yalcin e Arca (2024), ao longo dos anos, vários sistemas de classificação climáticas foram desenvolvidos com intuito de auxilia na determinação das diferenças climáticas locais, rastrear mudanças ao longo do tempo e estabelecer limites adequados para diferentes tipos de clima.

Nesse contexto, é fundamental compreender como essas diferentes classificações foram concebidas, seus objetivos, as variáveis empregadas e os pesos atribuídos a cada uma, além de entender como esses elementos influenciam os resultados observados em estudos e outras aplicações. Desta forma, o presente estudo objetiva relacionar diferentes classificações climáticas, examinando seus objetivos originais, contextos de aplicação e sua relação com os resultados em pesquisas e processos de classificação climática.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a identificação de estudos relacionados às classificações climáticas e suas respectivas áreas de abordagem, foi realizada uma revisão sistemática com base na metodologia do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esse método oferece um conjunto de diretrizes rigorosas para a condução transparente e apropriada de revisões sistemáticas, garantindo a integridade e a robustez do processo (Page et al., 2021).

2.1 Metodologia

Seguindo as orientações do PRISMA, assegura-se uma abordagem sistemática e abrangente na identificação, seleção e análise dos estudos incluídos nesta revisão. Dessa forma, os estudos obtidos proporcionam uma descrição precisa e detalhada da metodologia empregada, promovendo a confiabilidade e a replicabilidade dos resultados.

Inicialmente, para o desenvolvimento de uma revisão sistemática realiza-se busca em bancos de dados como: Web of Science, Google Scholar, Scopus, PubMed, entre outros, utilizando palavras-chave relevantes para orientar o escopo da revisão sistemática. Neste estudo específico, optou-se por trabalhar com as bases da Web of Science e Scopus, devido ao seu amplo acervo de trabalhos científicos. A busca pelos trabalhos nas bases ocorreu no dia 11 de dezembro de 2023, utilizando das palavras-chave "*climate classification*" e "*climatic_type*" (Tabela 1). Essa busca corresponde à etapa de identificação do protocolo PRISMA.

Tabela 1- Palavras-chaves utilizadas em critérios de busca da pesquisa.

Bases de dados	Critério de pesquisa
Web Of Science	*All fields= "climate classification" or "climatic type"*
Scopus	*Article title, Abstract, keywords= (climate_classification*)OR(climatic_type*)*

Fonte: autores, 2025.

Após a busca, a etapa seguinte do protocolo foi a triagem. Nesse processo, foram selecionadas apenas as publicações disponíveis no formato de artigo completo, publicadas em periódicos, com resumos acessíveis eletronicamente e escritas em inglês. Além disso, considerou-se como critério de seleção a exigência de possuir mais de 100 citações, garantindo a utilização de fontes amplamente referenciadas, o que sugere maior impacto e relevância na área de estudo.

Durante a triagem, também foram verificados títulos, resumos e palavras-chave. Os artigos que não atenderam aos critérios de análise ou que eram duplicados foram excluídos. Esse procedimento foi realizado utilizando o Microsoft Excel.

A terceira etapa do protocolo corresponde ao critério de elegibilidade. Nessa fase, os textos foram lidos minuciosamente, e foram considerados elegíveis os artigos que utilizaram classificações climáticas, independentemente da área de aplicação. A quarta e última etapa

corresponde ao critério de inclusão, na qual os artigos elegíveis foram selecionados para a revisão.

Os artigos selecionados foram organizados em tabelas contendo informações relevantes, tais como autores, título, ano de publicação e aplicações das classificações climáticas utilizadas, juntamente com a identificação dos tipos de classificações adotadas e a escala de análise. Essa estrutura permitiu uma análise sistemática e comparativa dos estudos, facilitando a identificação de tendências, lacunas e pontos-chave no corpo da literatura revisada.

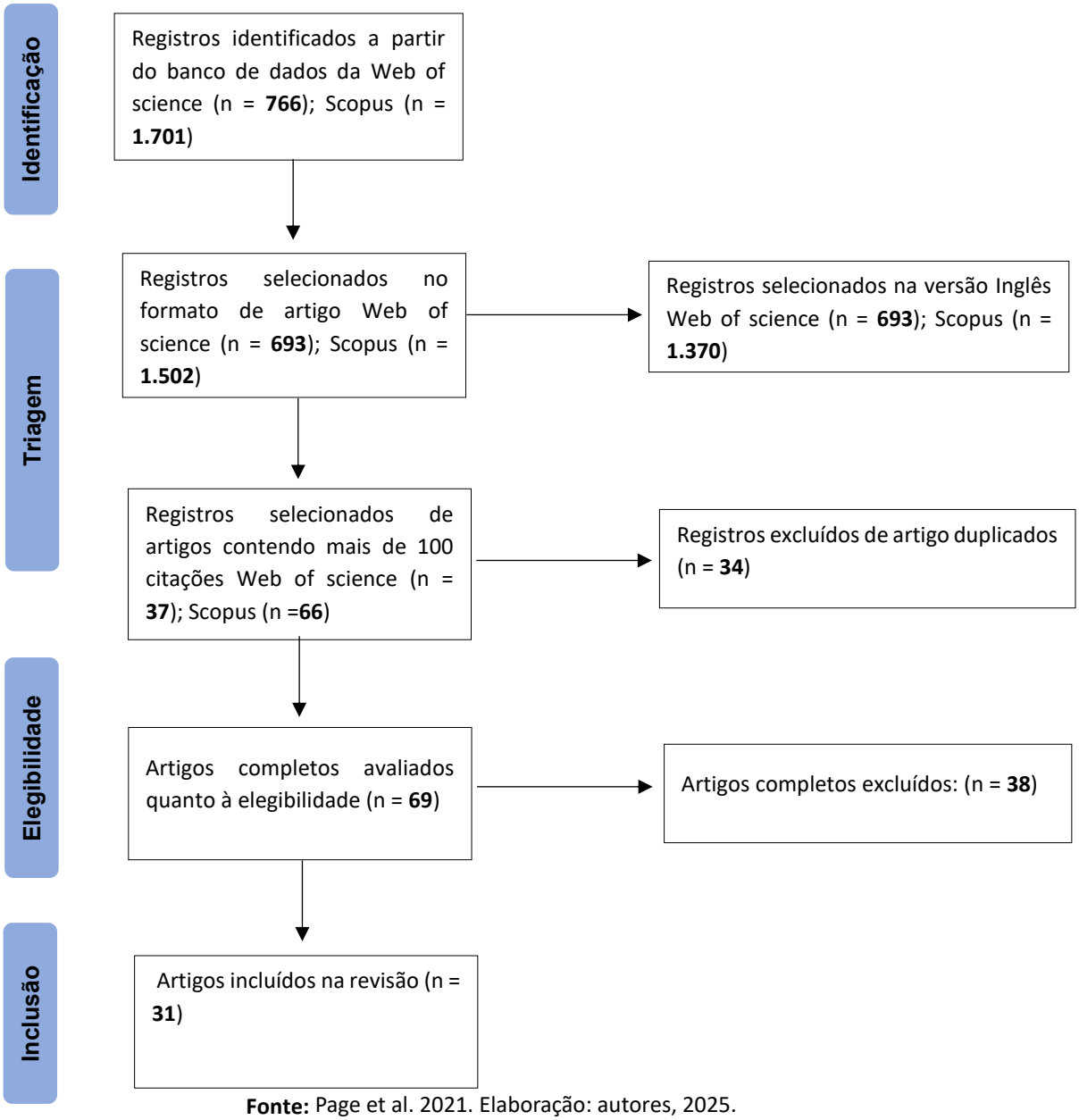
Para uma visualização mais abrangente das informações dos artigos revisados, foi elaborada uma nuvem de palavras (*word cloud*), destacando as palavras mais frequentemente utilizadas nos textos. Esse procedimento foi realizado utilizando a plataforma gratuita WordClouds, disponível no seguinte link: https://www.wordclouds.com/.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca inicial da revisão resultou em um total de 2.467 documentos, sendo 766 obtidos por meio do banco de dados Web of Science e 1.701 da Scopus. Após a triagem, seguindo os critérios de seleção com publicação somente em formato de artigo, redigida em Inglês, com mais de 100 citação e retirando os duplicados foram considerados o quantitativo de 69 artigos.

Durante o processo de elegibilidade desses 69 artigos, 38 foram excluídos por não atenderem aos critérios estabelecidos, pois não apresentaram o uso de classificação climática em seus trabalhos. Assim, foram incluídos para a revisão 31 artigos que atenderam a todos os requisitos necessários (Figura 1).

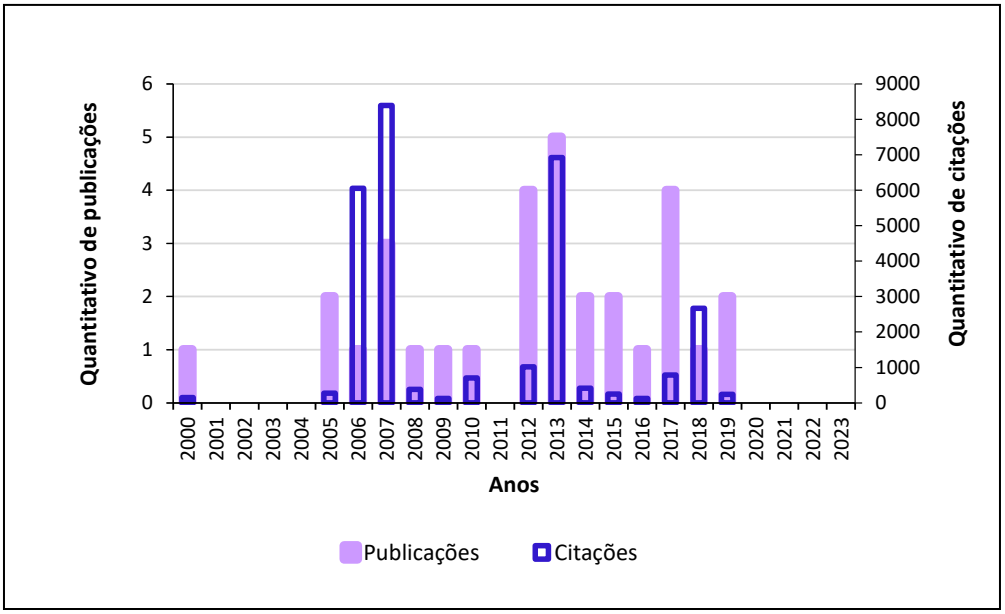
Figura 1 - Fluxograma da seleção de critérios das pesquisas adaptado PRISMA.



Fonte: Page et al. 2021. Elaboração: autores, 2025.

Os 31 artigos selecionados foram publicados ao longo de 23 anos (2000–2023), durante este período foi observado maior número de publicações nos anos de 2012, 2013 e 2017 com 4 (2012 e 2017) a 5 (2013) artigos cada. Quanto aos trabalhos mais citados, destaca-se o artigo publicado em 2006, com 6.052 citações. No ano de 2007, foram registradas 8.395 citações referentes a três publicações, e em 2013, 7.171 citações distribuídas em seis estudos (Figura 2).

Figura 2 - Temporalidade das publicações e citações.



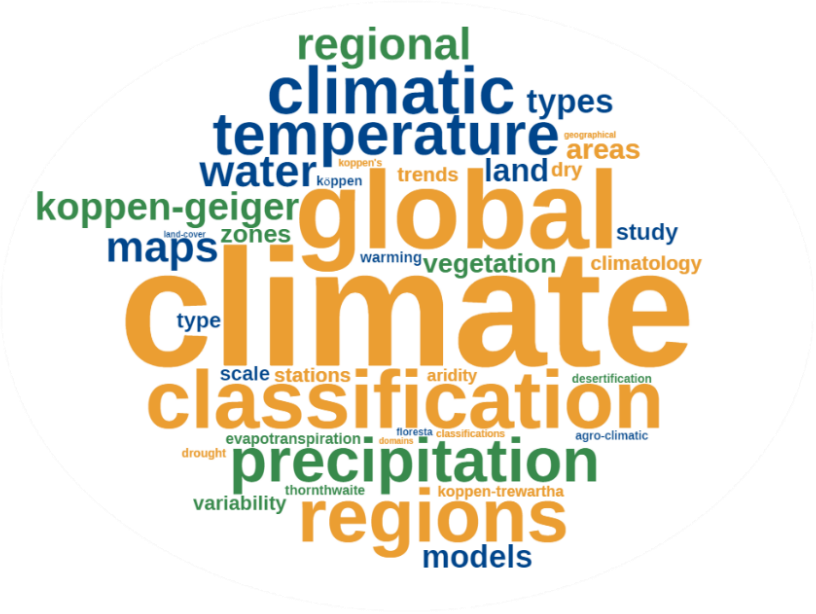
Fonte: Autores, 2025.

O aumento das citações nos anos de 2006 e 2007, foram impulsionados pelo desenvolvimento dos trabalhos de Kottek et al. (2006) e Peel, Finlayson e McMahon (2007) que propuseram a construção de mapas climáticos baseados na classificação de Köppen-Geiger. Esses estudos permitiram uma atualização consistente de zonas climáticas globais, com base em séries de dados mais detalhadas e de maior resolução para o período.

3.1 Nuvem de palavras

A nuvem de palavras foi elaborada a partir dos resumos e palavras-chave dos artigos selecionados, evidenciando a ampla gama de conceitos associados à classificação climática. Na Figura 3 são exibidos os 40 conceitos mais frequentes, representados pelas cores laranja, verde e azul.

Figura 3 - Nuvem de palavras mais empregadas nos artigos.



Fonte: autores, 2025.

Os conceitos de maior ocorrência foram: climate (257), classification (98), global (66), regions (45), precipitation (37) e temperature (36). Esses termos refletem a especificidade da escala de análise nos estudos, bem como os elementos climáticos (precipitação e temperatura) utilizados na construção das classificações climáticas.

Outras palavras frequentes incluem: Köppen-Geiger (23), vegetation (16), climatology (12), Köppen-Trewartha (9), warming (9), Köppen (8), Thornthwaite (8), agro-climatic (7), desertification (7), forest (6) e land-cover (5). Esses termos indicam os diferentes métodos de classificação utilizados nos trabalhos, bem como as áreas e temas abordados.

3.2 Sistematização estruturada dos artigos

O Quadro 1 apresenta uma síntese abrangente dos artigos que utilizaram métodos de sistemas de classificação climática. Nessa síntese, destacam-se as áreas de utilização das classificações climáticas empregadas por cada estudo, fornecendo uma visão geral dos avanços e descobertas no campo. Essa análise permite uma compreensão mais aprofundada dos diferentes enfoques e abordagens adotadas pelos pesquisadores.

Quadro 1 - Estruturação dos artigos

Áreas	Autores e ano de publicação	Título	Utilização da Classificação climática
ENSINO	Feddema (2005)	A Revised Thornthwaite-Type Global Climate Classification.	Utilizou a classificação de Thornthwaite para desenvolver uma classificação climática mais racional para uso diário em sala de aula.
SAÚDE	Jagai et al. (2009)	Seasonality of Cryptosporidiosis: A Meta-Analysis Approach.	A classificação de Köppen foi utilizada para investigar a relação entre temperatura, precipitação e IPC.
USO DO SOLO	Olofsson et al. (2012)	A global land-cover validation data set, part I: fundamental design principles.	A classificação climática de Köppen foi aplicada como critério de estratificação dos locais de referência na avaliação da precisão dos produtos de cobertura do solo.
ENERGIA	Ascencio-Vásquez, Brecl e Topič (2019)	Methodology of Köppen-Geiger Photovoltaic climate classification and implications to worldwide mapping of PV system performance.	Aplicou a classificação Köppen-Geiger para desenvolver a metodologia Köppen-Geiger-Photovoltaic-KGPV.
HIDROLOGIA	Do, Westra e Leonard (2017)	A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow.	A classificação de Köppen-Geiger foi utilizada para identificar e classificar o clima de bacias hidrográfica.
VEGETAÇÃO, AGRICULTURA	Kleidon, Fraedrich e Heimann (2000)	A green planet versus a desertworld: estimating the maximum effect of vegetation on the land surface climate.	Aplicou Köppen para ilustrar diferenças climáticas e implicações para tipos de vegetação.
	Hutchinson et al. (2005)	Integrating a global agro-climatic classification with bioregional boundaries in Australia.	A classificação agroclimática global foi adaptada usando splines de suavização de placas finas dependentes da elevação para esclarecer as extensões espaciais das 18 classes globais encontradas na Austrália.
	Kriticos et al. (2011)	CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling.	Conjuntos de dados Köppen-Geiger auxiliam modeladores a definir paisagens de fundo para modelos de distribuição de espécies.
	Chen et al. (2013)	A global analysis of the impact of drought on net primary productivity.	Usaram a escala de classificação climática de Köppen-Geiger para estudar as relações do Índice de Evapotranspiração (SPEI) e produção primária líquida (NPP) regionalmente.
	Almorox, Quej e Martí (2015)	Global performance ranking of temperature-based approaches for evapotranspiration estimation considering Köppen climate classes.	O desempenho de diferentes abordagens baseadas em temperatura (TET) foi classificado em relação à classificação climática de Köppen-Geiger para estimativas de evapotranspiração.
CLIMATOLOGIA	Kottek et al. (2006)	World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.	Utilizou Köppen-Geiger para construir novo mapa mundial climático.
	Diaz e Eischeid (2007)	Disappearing “alpine tundra” Köppen climatic type in the western United States.	A classificação de Köppen foi aplicada para examinar as mudanças nos tipos climáticos.
	Peel, Finlayson e McMahon (2007)	Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification.	Desenvolvimento de atualização do mapa global Köppen-Geiger.
	Castro et al. (2007)	The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models.	A classificação climática de Köppen-Trewartha foi usada para analisar a capacidade de nove modelos climáticos regionais (RCM) de alta resolução de reproduzir o tipo de clima atual distribuição na Europa e para avaliar como seria alterada num cenário simulado de alterações climáticas.
	Gao e Giorgi (2008)	Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model.	Para identificar diferentes tipos de regimes áridos aplicou-se a classificação de Köppen-Trewartha (modificada).
	Rubel e Kottek (2010)	Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification.	Criou mapa de altíssima resolução da região Alpina usando Köppen-Geiger.
	Sá Júnior et al. (2012)	Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil.	Foi utilizado a classificação de Köppen-Geiger para a obtenção de um Zoneamento Climático.
	Jacob et al. (2012)	Assessing the Transferability of the Regional Climate Model REMO to Different COordinated Regional Climate Downscaling EXperiment (CORDEX) Regions.	Para avaliar a qualidade das simulações do Modelo Climático Regional-REMO nos diferentes domínios, aplicou-se a classificação de Köppen-Trewartha.
	Rahimi, Ebrahimpour e Khalili (2012)	Spatial changes of Extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran.	Foi utilizado a Classificação estendida de De Martonne para mapear as zonas climáticas do Irã.
	Chen e Chen (2013)	Using the Köppen classification toquantify climate variation and change:An example for 1901–2010.	Para descrever as mudanças climáticas (30 anos) e da variabilidade (ano a ano e década a década) foi utilizado a classificação de Köppen-Geiger.
	Álvares et al. (2013)	Köppen’s climate classification map for Brazil.	Para a Identificação de climas no Brasil aplicaram a classificação de Köppen.
	Teichmann et al. (2013)	How Does a Regional Climate Model Modify the Projected Climate Change Signal of the Driving GCM: A Study over Different CORDEX Regions Using REMO.	A classificação de Köppen-Trewartha foi empregada para definir regiões de avaliação com determinadas condições climáticas.
	Feng et al. (2014)	Projected climate regime shift under future global warming from multi-model, multi-scenario CMIP5 simulations.	Para examinar as mudanças nos tipos climáticos na área terrestre global utilizou-se Köppen-Trewartha (modificado).
	Belda et al. (2014)	Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha	Utilizada para descrever e comparar a classificação climática de Köppen-Trewartha (KTC), com a classificação de Köppen (KCC) e sua aplicação à versão mais atualizada do conjunto de dados CRU.
	Spinoni et al. (2015)	Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the Köppen–Geiger classification and FAO aridity index.	Para a identificação mudanças climáticas, com especial enfoque em áreas de aridez crescente e, portanto, de risco crescente de desertificação utilizou-se a classificação de Köppen-Geiger.
	Karki et al. (2016)	New climatic classification of Nepal.	A classificação de Köppen-Geiger originais e modificados foi utilizado na elaboração da classificação climática do Nepal
	Rubel et al. (2017)	The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100.	A classificação de Köppen-Geiger foi utilizada na geração de mapa de classificação climática de altíssima resolução observados e previstos da grande região alpina cobrindo o período 1800-2100.
	Sarricolea, Herrera-Ossandon e Meseguer-Ruiz (2017)	Climatic regionalisation of continental Chile.	A classificação de Köppen-Geiger foi utilizada para gerar uma classificação climática atualizada do Chile.
	Northey et al. (2017)	The exposure of global base metal resources to water criticality, scarcity and climate change.	Para avaliar os conjuntos de dados dos recursos de cobre, chumbo-zinco e níquel utilizou-se a classificação de Köppen-Geiger.
	Beck et al. (2018)	Data Descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution.	Para criar um mapa melhorado de Köppen-Geiger utilizou-se a classificação de Köppen-Geiger.
	Seager et al. (2019)	Climate Variability and Change of Mediterranean-Type Climates.	Para definir os climas mediterrâneos utilizou-se a classificação de Köppen.

Fonte: autores, 2025.

Os principais usos das classificações climáticas nas pesquisas examinadas abrangem uma ampla gama de áreas, incluindo saúde (1), ensino (1), cobertura do solo (1), sistemas energia (1), hidrologia (1), vegetação (5) e clima (21). No entanto, ao analisar os objetivos apresentados nos artigos, destaca-se um esforço comum de buscar o aprimoramento das classificações climáticas existentes e de apresentar um novo mapeamento.

Segundo Spinoni et al. (2015), as propostas mais populares das classificações climáticas, foram propostas por Köppen (1936), Holdridge (1947) e Thornthwaite (1948), sendo o esquema de Köppen e suas variações o mais utilizado (Belda et al., 2014), embora tenha recebido críticas quanto à subdivisão estática das classes (Triantafyllou; Tsonis, 1994).

Conforme Castro (2007), a classificação de Köppen se baseia na premissa de que a vegetação nativa é a melhor expressão do clima, considerando zonas latitudinais e sazonalidade de temperatura e precipitação. Contudo, a principal limitação está no fato de que os limites climáticos não correspondem sempre aos limites naturais das paisagens, o que motivou melhorias posteriores por Geiger (1954) e Trewartha (Trewartha, 1968; Trewartha; Horn, 1980), com critérios mais realistas e inclusão de novos tipos climáticos (Feng et al., 2014).

Apesar das classificações climáticas terem passado por atualizações ao longo dos anos, novos estudos continuam a buscar novas adaptações para melhor atender às necessidades contemporâneas. Esta busca por aprimoramento foi evidenciada nos estudos analisados nesta revisão, como no caso do estudo de Feddema (2005), que propôs uma melhoria na classificação de Thornthwaite.

De acordo Feddema (2005), a classificação de Thornthwaite é considerada outra melhoria conceitual em relação à classificação de Köppen. Entretanto, a classificação de Thornthwaite enfrentou desafios significativos em termos de aceitação. Um dos principais motivos é sua complexidade e dificuldade de aplicação prática, resultando em mais de 800 tipos de clima em escala global. Outra razão da não aceitação é a inclusão do cálculo da evapotranspiração potencial (Feddema, 2005). Diante disto Feddema (2005), desenvolveu uma versão revisada da classificação climática de Thornthwaite em escala global, com o objetivo de torná-la mais acessível e aplicável, especialmente em ambientes educacionais, como salas de aula.

Outros estudos analisados também buscaram atualizar as classificações climáticas, motivados por diferentes razões. Peel, Finlayson e McMahon (2007) produziram um novo mapa global do clima utilizando o sistema Köppen-Geiger, com base em um amplo conjunto de dados globais de séries temporais mensais de precipitação e temperatura de longo prazo. O objetivo do estudo era desenvolver uma atualização do mapa de classificação climática.

Karki (2016), por sua vez, fez uma ligeira modificação na classificação Köppen-Geiger para melhor representar o clima no Nepal. A classificação original não foi capaz de identificar todos os cinco tipos de climas presentes na região, levando à necessidade de adaptações para uma representação mais precisa. Rubel et al. (2017), também utilizou da classificação Köppen-Geiger para criar novo mapa de classificação com altíssima resolução observados e previstos da grande região Alpina.

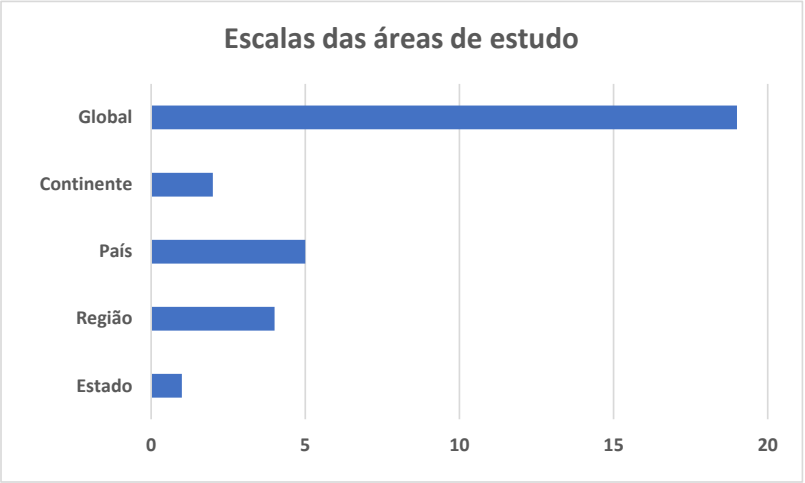
Ascencio-Vásquez, Brecl e Topič (2019), propuseram uma metodologia de classificação denominada Köppen-Geiger-Photovoltaic (KGPV) para a classificação climática global. Essa abordagem dividiu o globo em 12 zonas com base em critérios de temperatura, precipitação e irradiação solar, visando padronizar as avaliações de desempenho em regiões com condições climáticas semelhantes.

Por outro lado, os demais estudos analisados que optaram em aplicar classificações climáticas existentes em diversas áreas de pesquisa destacaram sua eficácia. Na saúde, utilizou a classificação para identificar a relação da doença (criptosporidiose) com o clima. No uso do solo, a classificação foi utilizada na construção de uma base de dados global de cobertura do solo. Na vegetação, o uso da classificação tem ajudado revelar as relações entre clima e vegetação e distribuição de espécies. Na climatologia a classificação tem contribuído nas descrições e variabilidades dos tipos de clima.

3.3 Aplicações das classificações climáticas

As distribuições das escalas das áreas de estudo dos artigos selecionados estão representadas na Figura 4. Dentre essas, 19 estudos focalizam a abrangência espacial global, 5 de país, 4 regionais, 2 continental e 1 estadual.

Figura 4 - Escalas espaciais das pesquisas.



Fonte: autores, 2025.

Os climas identificados, foram catalogados por diferentes métodos de classificação sendo esses o de Köppen (4), Köppen-Geiger (18), Köppen-Trewartha modificado (4) Köppen-Trewartha (2) Hutchinson (1), De Martonne (1) e Thornthwaite (1) (Quadro 2).

Quadro 2 - Métodos de sistematização climática adotadas e suas respectivas escalas.

Autores e ano de publicação	Tipo de classificação climática	Climas identificados	Escala
Kleidon, Fraedrich e Heimann (2000); Jagai et al. (2009)	Köppen	A; B; C; D; E	Global
Chen e Chen (2013)	Köppen-Geiger	Af; Am; As; Aw; BWk; BWh; BSk; BSh; Cfa; Cfb; Cfc; Csa; Csb; Csc; Cwa; Cwb; Cwc; Dfa; Dfb; Dfc; Dfd; Dsa; Dsb; Dsc; Dsd; Dwa; Dwb; Dwc; Dwd; EF; ET	Global
Chen et al. (2013)	Köppen-Geiger	Af; Am; Aw; BWk; BWh; BSk; BSh; Cfa; Cfb; Cfc; Csa; Csb; Csc; Cwa; Cwb; Cwc; Dfa; Dfb; Dfc; Dfd; Dwa; Dwb; Dwc; Dwd; ET	Global
Almorox, Quej e Martí (2015)	Köppen-Geiger	Af; As; Aw; BS; BW; Cf; Cs; Cw: Df; Ds; Dw; E	Global
KOTTEK et al. (2006); Rubel e Kottek (2010); Northey et al. (2017)	Köppen-Geiger	Af; Am; As; Aw; BWk; BWh; BSk; BSh; Cfa; Cfb; Cfc; Csa; Csb; Csc; Cwa; Cwb; Cwc; Dfa; Dfb; Dfc; Dfd; Das; Dsb; Dsc; Dsd; Dwa; Dwb; Dwc; Dwd; EF; ET	Global
Peel, Finlayson e McMahon (2007)	Köppen-Geiger	Af; Am; Aw; BSh; BSk; BWh; BWk; Cfa; Cfb; Cfc; Csa; Csb; Cwa; Cwb; Cwc; Dfa; Dfb; Dfc; Dfd; Dsa; Dsb; Dsc; Dsd; Dwa; Dwb; Dwc; Dwd; EF; ET	Global
Kriticos et al. (2011); Spinoni et al. (2015); Beck et al. (2018)	Köppen-Geiger	Af; Am; Aw; BSh; BSk; BWh; BWk; Cfa; Cfb; Cfc; Csa; Csb; Csc; Cwa; Cwb; Cwc; Dfa; Dfb; Dfc; Dfd; Dsa; Dsb; Dsc; Dsd; Dwa; Dwb; Dwc; Dwd; EF; ET	Global
Olofsson et al. (2012)	Köppen	Tropical rainforest; Tropical seasonal forest; Savanna; Desert; Steppe; Mediterranean; Temperate evergreen forest; Marine west coast; Continental Forest; boreal forest; Cold boreal forest; Tundra; Frost	Global
Do, Westra e Leonard (2017)	Köppen-Geiger	A; B; Cs; Cw; Cf; Ds; Dw; Df; E	Global
Ascencio-Vásquez, Brecl e Topič (2019)	Köppen-Geiger-Photovoltaic	AK; AH; BK; BH; CK; CH; DH; DM; DL; EM; EL FL	Global
Teichmann et al. (2013)	Köppen-Trewartha	Ar; Aw; Bw; Bs; Cs; Cw; Cr; Do; Dc; Eo; Ec; FT; FI	Global
Feng, Hu, Huang, Ho, Li e Tang (2014)	Köppen-Trewartha (modificado)	Fi; Ft; Ec; Ee; DOfb; DOwb; DOwa; DOsb; DOsa; DCfb; DCfa; DCwb; DCwa; DCsb; DCsa; Cfb; Cfa; Cwb; Cwa; Csb; Csa; Bwk; Bwh; BSk; BSh; Aw; As; Am; Ar	Global
Belda et al. (2014)	Köppen-Trewartha (modificado)	Ar; Aw; As; BW; BS; Cs; Cw; Cf; Do; Dc; E; Ft; Fi	Global
Feddema (2005)	Thornthwaite	Saturated (Torrid; Hot; Warm; Cool; Cold; Frigid); Wet (Torrid; Hot; Warm; Cool; Cold; Frigid); Moist (Torrid; Hot; Warm; Cool; Cold; Frigid); Dry (Torrid; Hot; Warm; Cool; Cold; Frigid); Semiarid (Torrid; Hot; Warm; Cool; Cold; Frigid); Arido (Torrid; Hot; Warm; Cool; Cold; Frigid)	Global
Castro et al. (2007)	Köppen-Trewartha (modificado)	BW; BS; Cs; Cr; Do; Dc; Eo; Ec; FT	Continente (Europa)
Jacob et al. (2012)	Köppen-Trewartha	Ar; Aw; Bs; Bw; Cr; Cs; Cw; Dc; Do; Ec; Eo	Continente (África, Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia Ocidental)
Hutchinson et al. (2005)	Classificação agroclimática	B1; B2; D5; E1; E2; E3; E4; E6; E7; F3; F4; G; H; I1; I2; I3; J1; J2.	País (Australia)
Rahimi, Ebrahimpour e Khalili (2012)	Classificação estendida de De Martonne	Extra arid (A1.1); Arid (A1.2); Semi arid (A2); Mediterranean (A3); Semi humid (A4); Humid (A5); Per-humid A (A6); Per-humid B (A7)	País (Irã)
Sarricolea, Herrera-Ossandon e Meseguer-Ruiz (2017)	Köppen-Geiger	BHh; BWh(s); BWk; BWk(s); BWk(w); BSk'(s); BSk(s); BSk; BSk(w); Csb'; Csb; Csb(h); Csc; Cfb'(s); Cfb(s); Cfb'; Cfb; Cfc(s); Cfc; ET(s); ET; ET(w); EF(s); EF; EF(w)	País (Chile)
Karki et al. (2016)	Köppen-Geiger originais e modificados.	Aw; BSK; Cwa; Cwb; Dwb; Dwc; EF; ET	País (Nepal)
Álvares et al. (2013)	Köppen-Geiger	Af; Am; Aw; As; Bs; BSh; Cf; Cfa; Cfb; Cw; Cwa; Cwb; Cwc; Cs; Csa; Csb	País (Brasil)
Diaz e Eischeid (2007)	Köppen	E (Tundra Alpina)	Regional (Tundra alpina no Oeste dos EUA)
Gao e Giorgi (2008)	Köppen Trewartha (modificado)	BW; BS; Cs; Cr; Do; Dc; Eo; FI	Região Mediterrânea
Rubel et al. (2017)	Köppen-Geiger	BSh; BSK; Csa; Csb; Cfa; Cfb; Cfc; Dfb; Dfc; ET; EF	Região Alpina
Seager et al. (2019)	Köppen	Csa; Csb	Região
Sá Júnior et al. (2012)	Köppen-Geiger	Am; Aw; BSh; Cwa; Cwb	Estado (Minas Gerais)

Fonte: autores, 2025.

A Classificação de Köppen-Geiger emergiu como base central nos trabalhos analisados, sendo aplicado principalmente na escala global, para a criação de mapas climáticos (Kottek et al., 2006; Peel; Finlayson; Mcmahon, 2007; Rubel et al., 2017; Beck et al., 2018), representar a mudança das zonas climáticas (Spinoni et al., 2015), auxiliar modelos (Kriticos et al., 2011), explorar recursos minerais (Northey et al., 2017), identificar padrões climáticos (Do; Westra; Leonard, 2017;), avaliar potenciais energéticos (Ascencio-Vásquez; Brecl; Topič, 2019), mudanças climáticas (Chen; Chen, 2013) e relação da evapotranspiração de precipitação padronizada índice (SPEI) com variabilidade da produtividade primária líquida (NPP) (Chen et al., 2013).

A classificação de Köppen, foi a segunda mais utilizada principalmente em escala global, para análises ambientais (Kleidon; Fraedrich; Heimann, 2000; Almorox; Quej; Martí, 2015) e condições climáticas (Jagai et al., 2009).

Embora alguns estudos analisados tenham empregado a mesma metodologia de classificação climática, como Köppen, Köppen-Geiger e Köppen-Trewartha, para descrever o clima global, eles revelaram características distintas, conforme demonstrado no Quadro 2. Nessa análise, observou-se que os artigos empregaram classes com mais de um ou dois critérios ao classificar o clima global. Essas classes variaram de 5 a 31 na classificação de Köppen; de 9 a 31 na de Köppen-Geiger e 13 a 29 Köppen-Trewartha.

Essas variações nas classes podem ser atribuídas a diversos fatores. Por exemplo, nos estudos de Kleidon, Fraedrich e Heimann (2000) e Jagai et al. (2009), que adotaram a classificação de Köppen, foram apresentadas 5 classes. Isso ocorreu porque ambos os estudos consideraram apenas o primeiro critério, que divide os climas em cinco grupos principais: A (tropical), B (seco), C (temperado), D (continental) e E (polar).

Outra situação da redução do número de classes da classificação de köppen e Köppen-Geiger foram mostrada nos estudos de Olofsson et al. (2012) e Do, Westra e Leonard (2017), no quais eles consideraram a classes completas demasiadas para a representação do estudo e reduziram estas para 13 e 9 classes.

Ao analisar as categorias das classificações utilizadas nos estudos, desde uma abordagem global até uma mais localizada (estado), foi observada a recorrência de certos tipos de clima. Na classificação de Köppen, destacam-se Af, Am, Aw, Csa e Csb, enquanto na de Köppen-Geiger, os tipos Am, Aw, BSk, BSh, Cwa, Cwb, Cwc, EF e ET são mais recorrentes.

Já na classificação de Köppen-Trewartha, foram identificadas as classes BW, BS, Cs, Cr, Do e Dc.

Por outro lado, algumas classificações aparecem apenas uma vez em determinados estudos, como a Köppen-Geiger-Photovoltaic no estudo conduzido por Ascencio-Vásquez, Brecl e Topič (2019), a Classificação Estendida de De Martonne no trabalho realizado por Rahimi, Ebrahimpour e Khalili (2012), e a Thornthwaite mencionada por Feddema (2005).

4. SÍNTESE E CONCLUSÕES DOS ESTUDOS ANALISADOS

Os resultados das pesquisas analisadas demonstram um avanço significativo no conhecimento científico, evidenciando que as classificações climáticas possuem ampla aplicabilidade, abrangendo áreas como saúde, ensino, vegetação, hidrologia, energia e modelagem climática. Estudos que utilizam classificações, especialmente as de Köppen, Köppen-Geiger e Köppen-Trewartha (modificada), comprovaram as características climáticas de diferentes ambientes, os quais contribuem na identificação das mudanças e na compreensão da intensificação de surtos de doenças quanto alterações ambientais relevantes décadas (Jagai et al., 2009; Chen; Chen, 2013; Spinoni et al., 2015).

Estudos como o de Seager et al. (2019), apontam as consequências da mudança no clima ao evidencia que todas as regiões climáticas do tipo mediterrânico, exceto a América do Norte, estão se tornando mais secas, e os modelos preveem uma maior secagem nas próximas décadas. Outro estudo é o Feng et al. (2014), que preveem um aumento de 3°–12°C na temperatura boreal do inverno na área terrestre global até 2071–2100, comparado com as condições atuais, sob o cenário de emissões elevadas RCP8.5.

Na área da saúde, Jagai et al. (2009), desmontaram que, embora as condições climáticas definam área de habitat de um patógeno, fatores meteorológicos (precipitação e temperatura) afetam o momento e a intensidade dos surtos infecciosos. No contexto ambiental, Kleidon, Fraedrich e Heimann (2000) concluíram que a vegetação tem uma influência significativa no clima global, enquanto Kriticos et al. (2011) destacaram que a classificação agroclimática global facilita análises regionais e alinhamentos biorregionais.

Além disso Karki et al. (2016), comprovaram que classificações mais refinadas podem otimizar a rede de monitoramento climático e validar modelos. Enquanto Do, Westra e

Leonard (2017) apontaram a relevância desse conhecimento para estudos hidrológicos, auxiliando na identificação de riscos em bacias hidrográficas, como enchentes.

Apesar avanços das classificações climáticas, ainda se encontra desafios metodológicos e lacunas a serem superadas, como a falta de concordância dos critérios e metodologias padronizadas, além da necessidade de integração de diferentes escalas espaciais e temporais, bem como de distintos conjuntos de dados, para análises climáticas mais abrangentes e precisas.

Desta forma, recomenda-se que pesquisas futuras adotem abordagens mais integradas e colaborativas, a fim de desenvolver classificações mais robustas, precisas e adaptáveis às necessidades emergentes, fortalecendo o entendimento das dinâmicas climáticas globais e regionais.

5. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALMOROX, J.; QUEJ, V. H.; MARTÍ, P. Global performance ranking of temperature-based approaches for evapotranspiration estimation considering Köppen climate classes. **Journal of Hydrology**, v. 528, p. 514-522, 2015.

APARECIDO, L. E. D. O. *et al.* Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 405-417, 2016.

ASCENCIO-VÁSQUEZ, J.; BRECL, K.; TOPI, M. Köppen-Geiger-photovoltaic climate classification. In: **2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)**. IEEE, 2018. p. 2270-2275.

BAKER, B. *et al.* Use of the Köppen–Trewartha climate classification to evaluate climatic refugia in statistically derived ecoregions for the People's Republic of China. **Climatic Change**, v. 98, n. 1, p. 113-131, 2010.

BARBOSA, J. P. M. Classificação climática do estado de São Paulo através do método de Köppen: análise crítica e aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XIV. Campinas, São Paulo, 2005.

BECK, H. E. *et al.* Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30375988/. Acesso em: 16 out. 2025.

BELDA, M. H. E.; HALENKA, T.; KALVOVÁ, J. Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. **Climate Research**, v. 59, n. 1, p. 1-13, 2014.

CASTRO, M. *et al.* The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. **Climatic Change**, v. 81, n. Suppl 1, p. 329-341, 2007.

CHEN, T. *et al.* A global analysis of the impact of drought on net primary productivity. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 10, p. 3885-3894, 2013.

CHEN, D.; CHEN, H. Z. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. **Environmental Development**, v. 6, p. 69-79, 2013.

DO, H. X.; WESTRA, S.; LEONARD, M. A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. **Journal of Hydrology**, v. 552, p. 28-43, 2017.

DIAZ, H. F.; EISCHEID, J. K. Disappearing “alpine tundra” Köppen climatic type in the western United States. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 18, 2007.

FEDDEMA, J. J. A revised Thornthwaite-type global climate classification. **Physical Geography**, v. 26, n. 6, p. 442-466, 2005.

FENG, S. *et al.* Projected climate regime shift under future global warming from multi-model, multi-scenario CMIP5 simulations. **Global and Planetary Change**, v. 112, p. 41-52, 2014.

GALLARDO, C. *et al.* Assessment of climate change in Europe from an ensemble of regional climate models by the use of Köppen–Trewartha classification. **International Journal of Climatology**, v. 9, p. 2157-2166, 2013.

GAO, X.; GIORGI, F. Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. **Global and Planetary Change**, v. 62, n. 3-4, p. 195-209, 2008.

JACOB, D. *et al.* Assessing the transferability of the regional climate model REMO to different coordinated regional climate downscaling experiment (CORDEX) regions. **Atmosphere**, v. 3, n. 1, p. 181-199, 2012.

JAGAI, J. S. *et al.* Seasonality of cryptosporidiosis: A meta-analysis approach. **Environmental research**, v. 109, n. 4, p. 465-478, 2009.

KARKI, R. *et al.* New climatic classification of Nepal. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 125, n. 3, p. 799-808, 2016.

KOTTEK, M. *et al.* World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

KÖPPEN, W. P. **Das geographische system der klimate**. Gebrüder Borntraeger: Berlin. 1936.

KLEIDON, A.; FRAEDRICH, K.; HEIMANN, M. A green planet versus a desert world: Estimating the maximum effect of vegetation on the land surface climate. **Climatic Change**, v. 44, p. 471-493, 2000.

KRITICOS, D. J. *et al.* CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 1, p. 53-64,

2012.

HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data. **Science**, v. 105, n. 2727, p. 367-368, 1947.

HUTCHINSON, M. F. *et al.* Integrating a global agro-climatic classification with bioregional boundaries in Australia**. Global Ecology and Biogeography**, v. 14, n. 3, p. 197-212, 2005.

DE MEDEIROS, R. M. *et al.* M. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante–PI. **Revista Brasileira De Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 7, n. 2, p. 170-180, 2013.

MEDEIROS, R. M. *et al.* Caracterização climática e diagnóstico da aptidão Agroclimática de culturas para Barbalha-CE. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2010.

NORTHEY, S. A. *et al.* The exposure of global base metal resources to water criticality, scarcity and climate change. **Global Environmental Change**, v. 44, p. 109-124, 2017.

OLIVEIRA, J. Â. M. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Caratinga-MG. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 19, n. 1, p. 24-30, 2023.

OLOFSSON, P. *et al.* A global land-cover validation data set, part I: Fundamental design principles. **International Journal of Remote Sensing**, v. 33, n. 18, p. 5768-5788, 2012.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço Hídrico Climatológico e Classificação Climática para o município de Balsas-Ma. **Revista Scientia Agraria**, v.18, n.1, p.83-89, 2017.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

RAHIMI, J.; EBRAHIMPOUR, M.; KHALILI, A. Spatial changes of extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. **Theoretical and applied climatology**, v. 112, p. 409-418, 2013.

RODERFELD, H. *et al.* Potential impact of climate change on ecosystems of the Barents Sea Region. **Climatic Change**, v. 87, p. 283-303, 2008.

RUBEL, F. *et al.* The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 26, n. 2, p. 115-125, 2017.

RUBEL, F.; KOTTEK, M. Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 19, n. 2, p. 135, 2010.

SÁ JÚNIOR, A. *et al.* Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, p. 1-7, 2012.

SARRICOLEA, P.; HERRERA-OSSANDON, M. J.; MESEGUER-RUIZ, Ó. Climatic regionalisation of continental Chile. **Journal of Maps**, v. 13, n. 2, p. 66-73, 2017.

SEAGER, R. *et al.* Climate variability and change of Mediterranean-type climates. **Journal of Climate**, v. 32, n. 10, p. 2887-2915, 2019.

SEBESTYÉN, V. *et al.* Identifying the links among urban climate hazards, mitigation and adaptation actions and sustainability for future resilient cities. **Urban Climate**, v. 49, p. 101557, 2023.

SILVA FILHO, A. L. *et al.* Classificação climática de Köppen aplicada em Unidades de Conservação: estudo de caso no Parque Estadual do Mendanha (PEM) e na área de proteção ambiental Gericinó-Mendanha (APAGM). **Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, 2021.

SPINONI, J. *et al.* Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the Köppen–Geiger classification and FAO aridity index. **International Journal of Climatology**, v. 35, n. 9, p. 2210-2222, 2015.

TAPIADOR, F. J. *et al.* Climate classifications from regional and global climate models: Performances for present climate estimates and expected changes in the future at high spatial resolution. **Atmospheric research**, v. 228, p. 107-121, 2019.

TEICHMANN, C. *et al.* How does a regional climate model modify the projected climate change signal of the driving GCM: a study over different CORDEX regions using REMO. **Atmosphere**, v. 4, n. 2, p. 214-236, 2013.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TRIANTAFYLLOU, G. N.; TSONIS, A. A. Assessing the ability of the Köppen system to delineate the general world pattern of climates. **Geophysical Research Letters**, v. 21, n. 25, p. 2809-2812, 1994.

YANG, S.; MATZARAKIS, A. Implementation of human thermal comfort information in Köppen-Geiger climate classification—The example of China. **International journal of biometeorology**, v. 60, n. 11, p. 1801-1805, 2016.

YALÇIN, F.; ARCA, D. Investigation and comparison of climate boundary maps generated with various climate. **Interdisciplinary studies on contemporary research practices in Engineering in the 21st Century-VI**, p. 33, 2024.

ZHANG, M.; GAO, Y. Time of emergence in climate extremes corresponding to Köppen-Geiger classification. **Weather and Climate Extremes**, v. 41, p. 100593, 2023.