

**ARBORIZAÇÃO URBANA
COMO ESTRATÉGIA DE
ADAPTAÇÃO ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS:
UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA CRÍTICA E
PROPOSIÇÃO DE MODELO
CONCEITUAL PARA VILAS
MUNICIPAIS DE ANGOLA**

**URBAN GREENING AS A CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGY: A
CRITICAL SYSTEMATIC REVIEW AND CONCEPTUAL MODEL PROPOSAL
FOR MUNICIPAL TOWNS IN ANGOLA**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Sociais Aplicadas • 16/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/783724900](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/783724900)

António Paulo Mateus¹

RESUMO

O crescimento urbano acelerado no Sul Global, associado aos impactos das mudanças climáticas, representa um dos maiores desafios para a sustentabilidade no século XXI. Em Angola, as vilas municipais expandem-se de forma desordenada, com déficit expressivo de áreas verdes, o que agrava fenômenos como ilhas de calor, enchentes e perda de qualidade de vida. Este artigo tem como objetivo analisar criticamente a literatura científica sobre a arborização urbana como estratégia de adaptação climática, por meio de revisão sistemática rigorosa baseada no protocolo PRISMA 2020, e propor um modelo conceitual inovador e integrado, alinhado à Teoria Ator-Rede e à info-ecologia, que incorpora a dimensão da governança digital. A fundamentação teórica articula conceitos de ecologia urbana, infraestrutura verde, ética ambiental e pensamento complexo, dialogando com autores clássicos e contemporâneos. Foram selecionados 32 estudos relevantes, avaliados quanto à qualidade metodológica por meio da ferramenta *Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT). Os resultados demonstram que a arborização constitui uma solução de baixo custo e elevada eficácia, embora sua implementação em Angola esbarre em limitações institucionais, financeiras e técnicas. O modelo proposto supera limitações de abordagens tradicionais ao integrar atores humanos e não humanos, saberes locais e tecnologias digitais acessíveis. Conclui-se que a arborização urbana, quando orientada por princípios de justiça climática, participação comunitária e inovação digital, é uma ferramenta essencial para a construção de cidades mais resilientes e sustentáveis.

Palavras-chave: Arborização urbana; Adaptação climática; Governança digital; Infraestrutura verde; Ecossistemas digitais; Angola.

ABSTRACT

Rapid urban growth in the Global South, combined with climate change impacts, represents one of the greatest challenges for sustainability in the 21st century. In Angola, municipal towns expand in an unplanned manner, with a significant deficit of green areas, worsening phenomena such as heat islands, flooding, and reduced quality of life. This article aims to critically analyze the scientific literature on urban forestry as a climate adaptation strategy, through a rigorous systematic review following the PRISMA 2020 protocol, and to propose an innovative and integrated conceptual model aligned with Actor-Network Theory and info-ecology, incorporating the dimension of digital governance. The theoretical framework combines concepts of urban ecology, green infrastructure, environmental ethics, and complex thinking, engaging with classic and contemporary authors. Thirty-two relevant studies were selected and assessed for methodological quality using the Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT). Results show that urban forestry is a low-cost and highly effective solution, although its implementation in Angola faces institutional, financial, and technical constraints. The proposed model overcomes limitations of traditional approaches by integrating human and non-human actors, local knowledge, and accessible digital technologies. It is concluded that urban forestry, when guided by principles of climate justice, community participation, and digital innovation, is an essential tool for building more resilient and sustainable cities.

Keywords: Urban forestry; Climate adaptation; Digital governance; Green infrastructure; Digital ecosystems; Angola.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a urbanização tem se consolidado como um dos fenômenos mais marcantes da sociedade contemporânea, com projeções indicando que aproximadamente 70% da população mundial viverá em áreas urbanas até 2050 (ONU-HABITAT, 2023). No continente africano, esse crescimento ocorre de forma acelerada e, em muitos casos, sem o planejamento necessário para garantir infraestrutura adequada e qualidade ambiental às populações urbanas (NJOH, 2020).

Em Angola, a urbanização já ultrapassa 65% da população, e as vilas municipais apresentam taxas de crescimento superiores à média africana, impulsionadas por processos migratórios internos e pela busca por melhores oportunidades econômicas (ANGOLA, 2022). Entretanto, essa expansão tem ocorrido frequentemente de forma desordenada, resultando na ocupação inadequada do território, redução de áreas verdes e aumento das desigualdades socioambientais. Estudos governamentais apontam que a cobertura vegetal em diversas localidades do interior do país não ultrapassa 1,5 m² por habitante, valor significativamente inferior ao recomendado pela Organização Mundial da Saúde, que varia entre 9 e 15 m² por habitante (OMS, 2021).

Ao mesmo tempo, os efeitos das mudanças climáticas tornam-se cada vez mais evidentes. Nas últimas décadas, observou-se aumento das temperaturas médias, maior frequência de períodos de seca prolongada e ocorrência de eventos pluviométricos intensos capazes de provocar enchentes e danos à infraestrutura urbana (IPCC, 2022; ANGOLA, 2023). A escassez de cobertura vegetal contribui para a formação de ilhas de calor, agravando as condições ambientais e ampliando os riscos à saúde e ao bem-estar da população (IPBES, 2019).

Nesse contexto, a arborização urbana destaca-se como uma importante solução baseada na natureza, capaz de contribuir para a regulação térmica, melhoria da qualidade do ar, redução do escoamento superficial e fortalecimento da resiliência climática das cidades (BEATLEY, 2021). Além dos benefícios ambientais, a presença de árvores em áreas urbanas favorece a convivência social, o conforto ambiental e a valorização dos espaços públicos. Contudo, a efetividade dessas iniciativas depende de planejamento adequado, seleção criteriosa das espécies, participação comunitária e estratégias de gestão compatíveis com as características locais (LAMANO FERREIRA; ZABOTTO, 2015).

Diante desse cenário, torna-se necessário compreender de que forma a arborização urbana pode contribuir para a adaptação climática nas vilas municipais angolanas, considerando não apenas os aspectos ecológicos, mas também os desafios institucionais, sociais e tecnológicos envolvidos em sua implementação.

Assim, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: quais evidências científicas e fundamentos teóricos podem subsidiar a construção de um modelo de arborização urbana estruturado como um ecossistema digital híbrido, capaz de fortalecer a adaptação às mudanças climáticas nas vilas municipais de Angola?

O objetivo geral consiste em realizar uma revisão sistemática crítica da literatura e propor um modelo conceitual integrado de arborização urbana como estratégia de adaptação climática, fundamentado na Teoria Ator-Rede, na infoecologia e nos princípios da governança digital, voltado à realidade das vilas municipais angolanas.

Como objetivos específicos, pretende-se: analisar os fundamentos teóricos e os benefícios socioambientais da arborização urbana; identificar convergências, divergências e lacunas na produção científica, especialmente em estudos africanos; discutir os desafios institucionais, econômicos e sociais para a implementação dessas estratégias em Angola; examinar as contribuições da infoecologia e da governança digital para a gestão ambiental; demonstrar a originalidade do modelo proposto em relação às abordagens tradicionais; e apresentar uma estrutura baseada em eixos estratégicos e indicadores de acompanhamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Arborização Urbana e Infraestrutura Verde

A arborização urbana compreende o conjunto de ações relacionadas ao planejamento, implantação, manejo e conservação da vegetação arbórea nos espaços urbanos, desempenhando papel fundamental na promoção da qualidade ambiental e do bem-estar da população. Mais do que um elemento paisagístico, as árvores constituem componentes estratégicos da infraestrutura verde, contribuindo para a integração entre os sistemas naturais e os ambientes construídos (LAMANO FERREIRA; ZABOTTO, 2015).

Segundo Benedict e McMahon (2012), a infraestrutura verde pode ser entendida como uma rede interligada de áreas naturais e espaços vegetados capaz de conservar processos ecológicos essenciais, ao mesmo tempo em que oferece benefícios sociais, econômicos e ambientais. Essa perspectiva amplia a compreensão da arborização urbana, que passa a ser vista não apenas como uma

ação de embelezamento das cidades, mas como uma ferramenta de planejamento territorial voltada à sustentabilidade.

Nesse contexto, Colding (2020) argumenta que os elementos naturais presentes nas cidades integram o metabolismo urbano e influenciam diretamente aspectos como conforto térmico, drenagem, biodiversidade e saúde pública. Dessa forma, o planejamento da arborização deve considerar fatores como diversidade de espécies, adaptação climática, disponibilidade hídrica, características do solo e compatibilidade com a infraestrutura existente.

Nowak e Dwyer (2021) destacam que programas de arborização bem estruturados priorizam espécies adaptadas às condições locais e evitam o uso excessivo de espécies exóticas potencialmente invasoras. Além disso, o manejo adequado contribui para ampliar a longevidade das árvores e maximizar os benefícios ambientais proporcionados à população urbana.

2.2. Serviços Ecossistêmicos e Sustentabilidade

Os benefícios proporcionados pelas árvores urbanas podem ser compreendidos por meio do conceito de serviços ecossistêmicos, definido como o conjunto de contribuições que os ecossistemas oferecem ao bem-estar humano. Esses serviços incluem funções de regulação, suporte, provisão e valor cultural, sendo fundamentais para a manutenção da qualidade ambiental e da vida nas cidades.

De acordo com Tzoukas et al. (2021), a vegetação urbana desempenha papel relevante na regulação térmica, na captura de carbono atmosférico, na redução da poluição do ar, na retenção de águas pluviais e na proteção dos solos contra processos erosivos.

Além dos benefícios ecológicos, os espaços arborizados favorecem atividades recreativas, fortalecem o convívio social e contribuem para a saúde física e mental da população.

O Millennium Ecosystem Assessment (2005) destaca que a degradação dos ecossistemas compromete diretamente a capacidade das sociedades de enfrentar desafios ambientais e sociais. Da mesma forma, o IPBES (2019) enfatiza que a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos constitui elemento central para o desenvolvimento sustentável e para a redução da vulnerabilidade humana diante das mudanças ambientais globais.

Nesse sentido, a arborização urbana representa uma estratégia capaz de conciliar proteção ambiental e desenvolvimento urbano, contribuindo para cidades mais resilientes, saudáveis e sustentáveis.

2.3. Ética Ambiental e Visão do Mundo

A discussão sobre a relação entre sociedade e natureza ultrapassa questões técnicas e envolve reflexões éticas, culturais e filosóficas sobre a forma como os seres humanos se posicionam diante do meio ambiente. Nesse contexto, Hans Jonas (2006) propõe a ética da responsabilidade, defendendo que as ações humanas devem considerar seus impactos sobre as gerações presentes e futuras. Para o autor, o avanço tecnológico ampliou significativamente a capacidade de transformação da natureza, tornando indispensável uma postura pautada pela prudência e pelo compromisso com a preservação das condições de vida no planeta.

Complementando essa perspectiva, Krenak (2020) critica a visão moderna que estabelece uma separação entre ser humano e natureza. Segundo o autor, essa lógica contribui para processos de

exploração e degradação ambiental, ao tratar os recursos naturais como elementos externos à existência humana. Em contraposição, defende uma relação baseada no pertencimento, no respeito e no reconhecimento da interdependência entre as pessoas e os ecossistemas, perspectiva especialmente relevante em contextos onde os saberes tradicionais mantêm forte presença nas práticas sociais e culturais.

Essa compreensão é ampliada pelo pensamento complexo de Morin (2015), que argumenta que os problemas ambientais não podem ser analisados de forma fragmentada ou isolada. Para o autor, questões relacionadas ao clima, à urbanização, à economia, à cultura e à política encontram-se interligadas, exigindo abordagens capazes de compreender as múltiplas relações existentes entre esses elementos. Assim, a construção de estratégias voltadas à sustentabilidade demanda a integração de diferentes formas de conhecimento e a articulação entre diversos atores sociais.

Dessa maneira, as contribuições de Jonas, Krenak e Morin convergem para uma compreensão mais ampla dos desafios ambientais contemporâneos. Enquanto Jonas enfatiza a responsabilidade ética perante o futuro, Krenak reforça a necessidade de reconhecer o pertencimento humano à natureza, e Morin evidencia a complexidade das relações que estruturam os sistemas socioambientais. Juntas, essas perspectivas oferecem uma base teórica consistente para pensar a arborização urbana como uma estratégia que articula dimensões ecológicas, sociais, culturais e éticas no enfrentamento das mudanças climáticas.

2.4. Adaptação Climática e Resiliência

O IPCC (2022) classifica a arborização como uma das estratégias mais eficazes e acessíveis para adaptação às mudanças climáticas. Beatley (2021) desenvolve o conceito de cidades biodiversas e resilientes, onde a natureza é valorizada como elemento estruturante. Wheeler (2021) complementa ao defender um planejamento que integre adaptação e mitigação.

Para cidades localizadas em países em desenvolvimento, especialmente no contexto africano, estratégias de adaptação baseadas na natureza apresentam vantagens adicionais por demandarem menores investimentos quando comparadas a grandes obras de infraestrutura cinza. Dessa forma, a arborização urbana destaca-se como uma alternativa viável para fortalecer a resiliência climática e reduzir vulnerabilidades socioambientais.

2.5. Governança Ambiental e Teoria Ator-Rede

A gestão sustentável de espaços verdes depende de modelos de governança compartilhada. Ostrom (2011) demonstra que a participação comunitária aumenta a eficiência e a longevidade das ações. Latour (2012), por meio da Teoria Ator-Rede (TAR), amplia essa visão ao defender que a gestão ambiental não envolve apenas seres humanos, mas também elementos não humanos — como árvores, solos, cursos d'água e plataformas digitais — que atuam como atores com capacidade de influenciar o sistema. Folke et al. (2016) destacam a importância da flexibilidade institucional para lidar com a incerteza climática. Para o contexto africano, Njoh (2020) mostra que o sucesso de projetos ambientais está ligado ao respeito às estruturas sociais locais.

Enquanto Ostrom (2011) enfatiza a importância da cooperação entre atores sociais para a gestão eficiente dos recursos comuns, Latour (2012) amplia essa perspectiva ao propor que elementos não humanos também participam ativamente das dinâmicas socioambientais.

2.6. Info-ecologia e Governança Digital

A incorporação de tecnologias digitais transforma a gestão ambiental, alinhando-se ao conceito de **info-ecologia** desenvolvido por Di Felice (2009, 2017). O autor defende que vivemos em paisagens pós-urbanas, onde a distinção entre espaço físico e digital se torna tênue. A info-ecologia estuda as ecologias de informação e comunicação que estruturam as relações sociais e com o meio ambiente, permitindo criar sistemas operativos ecológicos e comunicacionais que articulam atores humanos e não humanos em redes híbridas.

Complementando essa visão, Pereira (2021, 2023) aprofunda o conceito de **governança digital ambiental**, entendida como o uso de tecnologias da informação e comunicação para ampliar a transparência, a participação e a eficiência na gestão territorial. Para a autora, ferramentas como aplicativos móveis, plataformas colaborativas, sistemas de informação geográfica e sensores ambientais permitem transformar cidadãos em agentes ativos, promovendo a chamada inteligência coletiva.

No contexto angolano, onde a presença da telefonia móvel atinge mais de 75% da população, mesmo em localidades menores, essa abordagem representa uma oportunidade estratégica para superar limitações de infraestrutura e distância.

Sob essa perspectiva, a governança digital não deve ser entendida apenas como a utilização de ferramentas tecnológicas, mas como um novo modelo de articulação entre sociedade, território e ambiente. A integração entre plataformas digitais, conhecimento local e monitoramento ambiental possibilita a construção de redes colaborativas capazes de ampliar a eficiência das políticas públicas e fortalecer processos participativos de adaptação climática.

Legenda: Figura 1 – *Representação da rede híbrida de atores humanos e não humanos, conforme a Teoria Ator-Rede e a info-ecologia.*

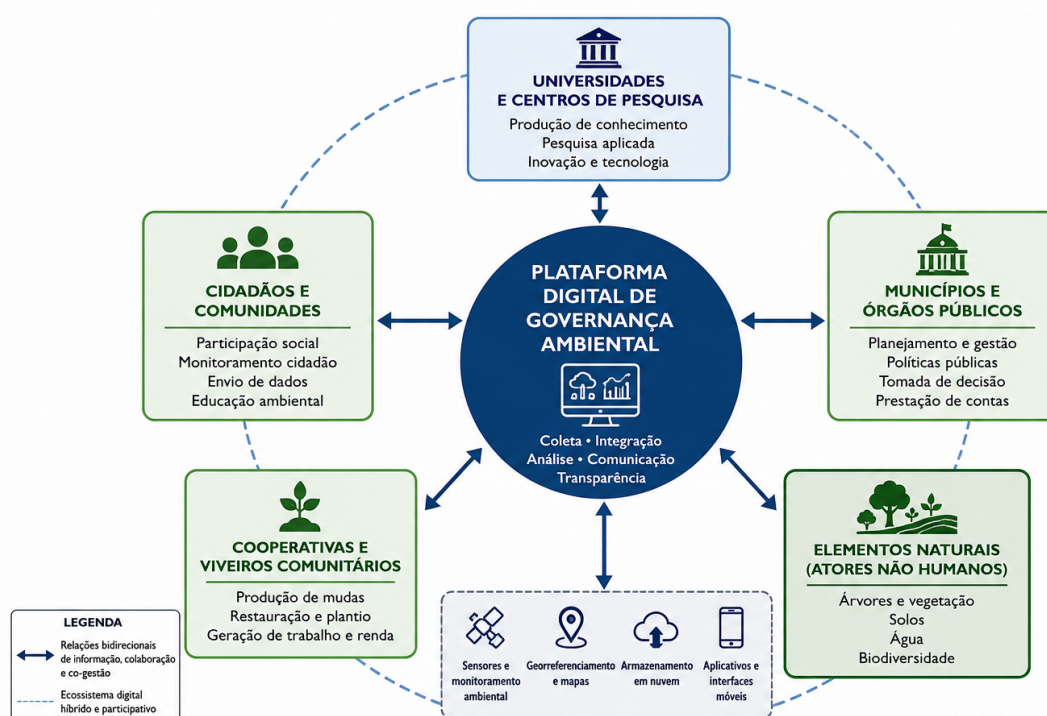


Figura 1 – Representação da rede híbrida de atores humanos e não humanos, articulada por uma plataforma digital de governança ambiental, conforme a Teoria Ator-Rede e a info-ecologia.
Fonte: Adaptado de Latour (2012); Di Felice (2017).

Fonte: Adaptado de Latour (2012); Di Felice (2017).

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática crítica da literatura, desenvolvida com base nas recomendações do protocolo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), amplamente utilizado para garantir

transparência, rigor metodológico e reprodutibilidade em estudos de revisão. A opção por esse método justifica-se pela necessidade de reunir, analisar e sintetizar criticamente as evidências científicas disponíveis sobre arborização urbana, adaptação climática e governança ambiental, com foco especial na realidade de Angola e de outros países em desenvolvimento.

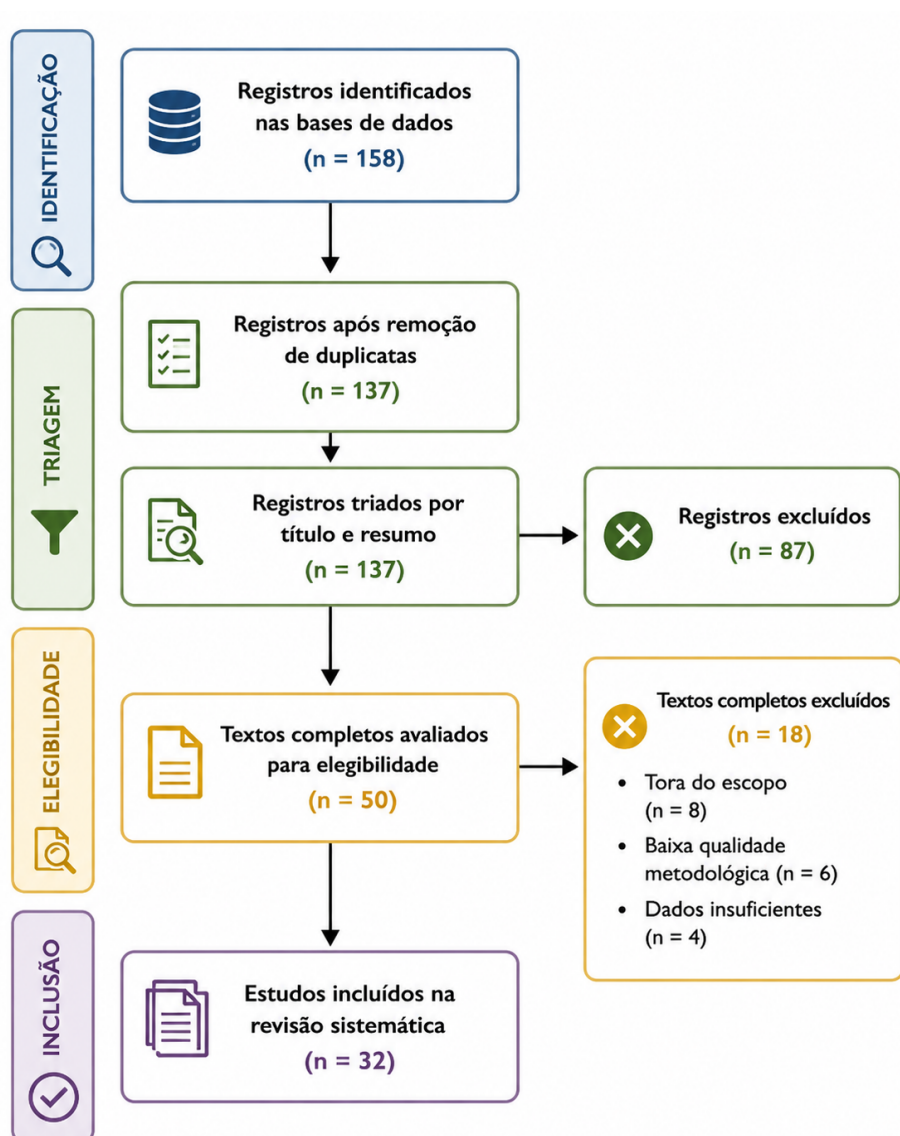
3.1. Estratégia de Busca

A busca bibliográfica foi realizada entre os dias 10 e 15 de março de 2026, utilizando bases de dados nacionais e internacionais reconhecidas pela relevância científica e abrangência temática. Foram consultadas as bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO, Google Scholar, Portal de Periódicos CAPES, além de documentos institucionais disponibilizados pela Organização das Nações Unidas, Organização Mundial da Saúde, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), Banco Mundial e repositórios acadêmicos de universidades africanas.

Foram considerados estudos publicados entre janeiro de 2015 e março de 2026, priorizando-se trabalhos divulgados a partir de 2020, devido à crescente produção científica relacionada às mudanças climáticas e às soluções baseadas na natureza. Foram incluídos documentos publicados em português, inglês e espanhol.

A estratégia de busca foi construída a partir da combinação de descritores relacionados à arborização urbana, infraestrutura verde, adaptação climática, resiliência urbana, governança digital e contexto africano, utilizando operadores booleanos para ampliar a abrangência e a precisão dos resultados.

Figura 2. Etapas do processo de seleção de estudos na revisão sistemática, conforme protocolo PRISMA 2020.



Fonte: Adaptado de Page et al. (2021).

3.2. Critérios de Seleção

Foram incluídos artigos científicos revisados por pares, dissertações, teses, documentos institucionais e relatórios técnicos que abordassem temas relacionados à arborização urbana, adaptação às mudanças climáticas, infraestrutura verde, governança ambiental ou experiências desenvolvidas em países do Sul Global.

Foram excluídos trabalhos duplicados, resumos sem acesso ao texto completo, publicações sem relação direta com os objetivos da

pesquisa e estudos que apresentaram limitações metodológicas significativas identificadas durante a etapa de avaliação da qualidade.

3.3. Avaliação da Qualidade Metodológica

Os estudos elegíveis foram submetidos à avaliação de qualidade metodológica por meio da ferramenta Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), reconhecida internacionalmente para análise de pesquisas qualitativas, quantitativas e de métodos mistos.

A avaliação foi realizada de forma independente por dois revisores, considerando critérios como clareza dos objetivos, adequação metodológica, qualidade da coleta de dados, consistência das análises e relevância dos resultados apresentados. Em situações de divergência, buscou-se consenso por meio de reavaliação conjunta. Foram excluídos da análise final os estudos que apresentaram desempenho inferior a 50% nos critérios estabelecidos.

3.4. Processo de Análise

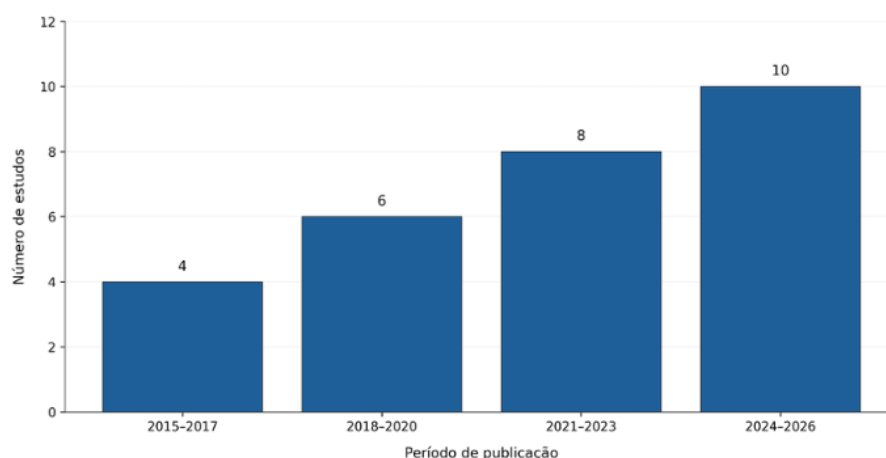
Inicialmente foram identificados 158 registros. Após a remoção de duplicatas e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, os estudos remanescentes foram submetidos à leitura integral e à avaliação metodológica. Ao final do processo, 32 estudos foram considerados adequados para compor a análise.

As informações extraídas foram organizadas em planilhas estruturadas contendo dados sobre objetivos, metodologia, local de realização, principais resultados e contribuições para a temática investigada. Posteriormente, os dados foram analisados por meio da técnica de análise temática de conteúdo, permitindo identificar

padrões recorrentes, convergências teóricas, divergências metodológicas e lacunas de conhecimento relacionadas à arborização urbana como estratégia de adaptação climática.

Os resultados obtidos subsidiaram a construção do modelo conceitual integrado proposto neste estudo, fundamentado nos princípios da Teoria Ator-Rede, da infoecologia e da governança digital.

Legenda: Gráfico 1 – *Evolução temporal da produção científica sobre arborização urbana e adaptação climática no período 2015-2026.*



Fonte: Autor, 2026.

4. RESULTADOS

4.1. Panorama Global e Africano

Os estudos confirmam que a arborização reduz a temperatura urbana em até 5 °C, diminui o escoamento superficial em até 30% e melhora significativamente a qualidade do ar. Há consenso quanto à superioridade de espécies nativas, mais resistentes e com menor demanda de manutenção.

Na África, pesquisas demonstram que projetos com envolvimento comunitário apresentam taxas de sobrevivência de mudas até três vezes maiores do que ações centralizadas. Destaca-se também um número crescente de experiências com uso de aplicativos simples para monitoramento.

4.2. Realidade Angolana: Desafios e Potencialidades

A revisão identificou que, embora a **Lei nº 05/98 (Lei de Bases do Ambiente)**, a **Política Nacional do Ambiente** e a **Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas** reconheçam a importância da cobertura vegetal, a implementação é limitada por:

- Escassez de dados e inventários arbóreos;
- Recursos insuficientes nos municípios;
- Expansão urbana desordenada;
- Baixa valorização da natureza no planejamento;
- Déficit de capacitação e envolvimento da população;
- Baixa digitalização dos serviços ambientais.

Legenda: Gráfico 2 – *Comparação entre a cobertura vegetal recomendada pela Organização Mundial da Saúde e a realidade observada em diferentes regiões de Angola.*

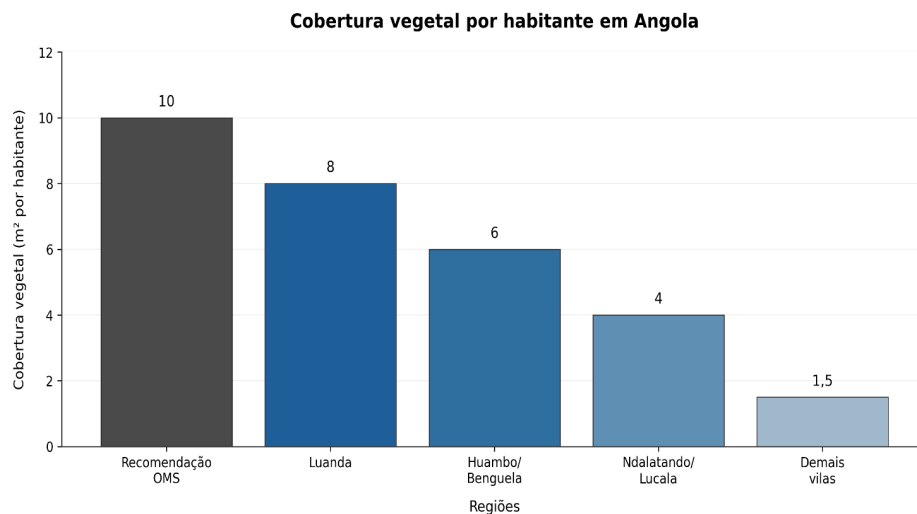


Gráfico 2 - Comparação entre a cobertura vegetal recomendada pela Organização Mundial da Saúde e a realidade observada em diferentes regiões de Angola.
Fonte: Adaptado de ANGOLA (2022) e OMS (2021).

Fonte: Adaptado de ANGOLA (2022); OMS (2021).

4.3. Lacunas do Conhecimento

Legenda: *Tabela 1 – Panorama comparativo do estado do conhecimento sobre arborização urbana e adaptação climática.*

Fonte: Autor, 2026.

Tema de investigação	Evidências internacionais	Situação em Angola	Nível de lacuna científica
Efeito da arborização no clima	Alta	Muito baixa	Elevada
Inventário e mapeamento arbóreo	Alta	Escassa	Elevada
Serviços ecossistêmicos	Moderada	Quase inexistente	Muito elevada
Participação comunitária	Moderada	Pouco estudada	Alta
Governança digital aplicada	Crescente	Incipiente	Muito elevada

5. DISCUSSÃO

Os resultados permitem uma análise crítica aprofundada. A arborização não é apenas uma medida técnica, mas uma questão ética e política, como ressaltam Jonas (2006) e Krenak (2020): trata-se de garantir condições dignas para as gerações atuais e futuras.

Comparando-se as orientações do IPCC (2022) com a realidade angolana, percebe-se um descompasso: enquanto a ciência recomenda soluções baseadas na natureza como prioridade, a prática local ainda enfrenta barreiras estruturais. A visão de Morin (2015) ajuda a compreender que esses problemas não podem ser resolvidos isoladamente — é necessário articular políticas, educação e gestão.

Verificam-se também divergências entre estudos: enquanto alguns defendem modelos centralizados, outros demonstram maior eficácia de abordagens participativas. Essa variação ressalta a necessidade de adaptação ao contexto local. Nesse sentido, a info-ecologia de Di Felice (2017) e a governança digital de Pereira (2023) abrem caminhos inovadores: ao transformar a informação em bem comum, cria-se uma rede comunicativa que fortalece a gestão compartilhada.

6. MODELO CONCEITUAL INTEGRADO

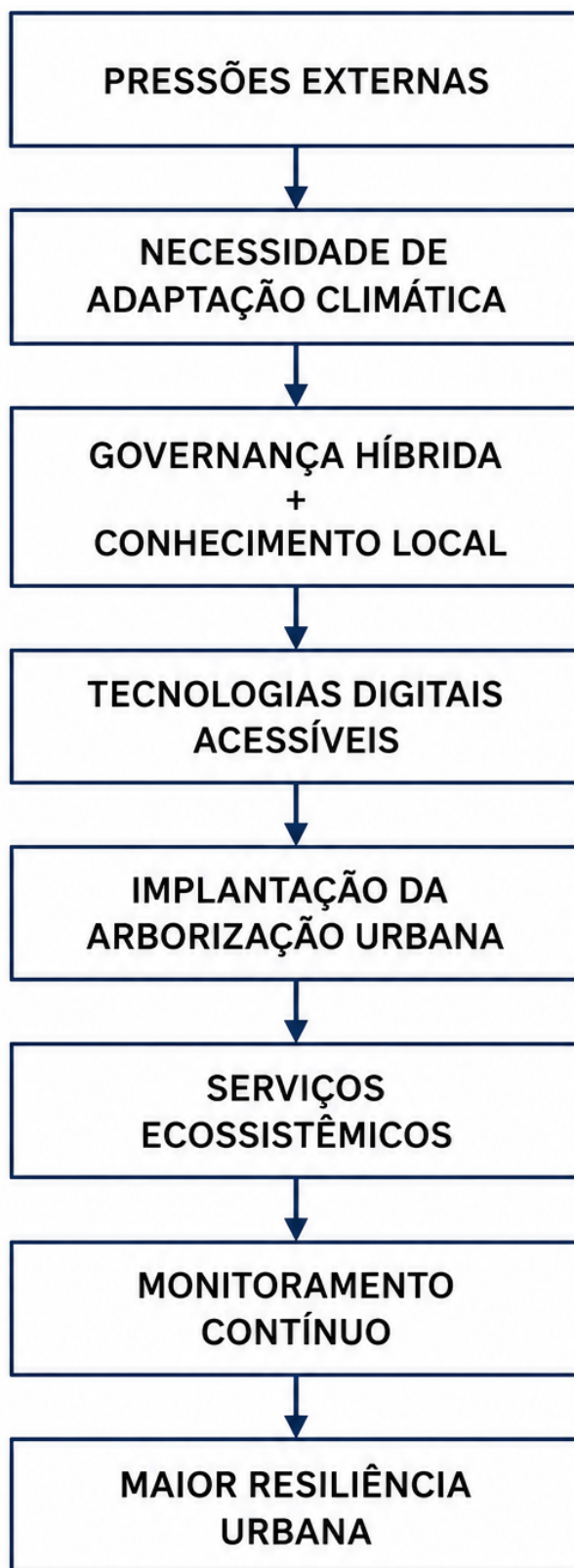
6.1. Originalidade

Modelos tradicionais costumam ser tecnicistas, centralizados e desconectados. O modelo proposto supera essas limitações ao:

- Integrar a Teoria Ator-Rede;
- Incorporar a info-ecologia;
- Unir saberes técnicos e locais;
- Utilizar tecnologias acessíveis;
- Criar ciclo contínuo de gestão.

6.2. Estrutura

Legenda: Figura 3 – Fluxo lógico do modelo conceitual proposto, integrando dimensões ambiental, social e digital



Fonte: Autor, 2026.

6.2.1. Eixo 1 – Governança e Marco Legal

- Institucionalizar a arborização nos planos diretores;

- Criar conselhos com representantes comunitários, técnicos e universidades;
- Adotar plataformas digitais de transparência.

6.2.2. Eixo 2 – Planejamento e Conhecimento

- Realizar inventário georreferenciado colaborativo;
- Selecionar espécies nativas e adaptadas;
- Definir metas de cobertura vegetal.

6.2.3. Eixo 3 – Implementação e Inovação

- Desenvolver viveiros comunitários;
- Priorizar corredores verdes e áreas de risco;
- Implantar aplicativo simples de monitoramento.

6.2.4. Eixo 4 – Monitoramento e Avaliação

Indicadores mensuráveis:

- Taxa de sobrevivência das mudas;
- Redução da temperatura média;
- Cobertura vegetal por habitante;
- Participação na plataforma digital.

7. LIMITAÇÕES

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A principal refere-se à escassez de pesquisas empíricas direcionadas especificamente às vilas municipais angolanas, o que exigiu a utilização e adaptação de evidências produzidas em outros contextos geográficos e socioeconômicos.

Além disso, a heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos na revisão dificultou a realização de comparações quantitativas diretas e a construção de indicadores padronizados. Também se reconhece que o modelo conceitual proposto ainda necessita de validação empírica por meio de estudos de campo e projetos-piloto que permitam avaliar sua aplicabilidade prática em diferentes realidades municipais de Angola.

8. CONCLUSÃO

A presente revisão sistemática evidenciou que a arborização urbana constitui uma estratégia eficaz, acessível e sustentável para a adaptação às mudanças climáticas, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental, redução dos impactos térmicos, fortalecimento da biodiversidade e promoção do bem-estar da população. Os resultados demonstraram que, embora exista uma produção científica consolidada em âmbito internacional, ainda são identificadas importantes lacunas de conhecimento relacionadas ao contexto angolano, especialmente no que se refere às vilas municipais.

Como resposta a essas lacunas, foi proposto um modelo conceitual integrado fundamentado na Teoria Ator-Rede, na infoecologia e nos

princípios da governança digital. O modelo busca articular atores humanos e não humanos, conhecimentos científicos e saberes locais, bem como tecnologias digitais acessíveis voltadas ao planejamento, implementação e monitoramento da arborização urbana.

Conclui-se que a construção de cidades mais resilientes depende não apenas da ampliação da cobertura vegetal, mas também do fortalecimento da participação social, da governança colaborativa e da utilização estratégica das tecnologias digitais. Espera-se que este estudo contribua para a formulação de políticas públicas mais sustentáveis em Angola, além de estimular futuras pesquisas empíricas capazes de validar e aperfeiçoar o modelo proposto em diferentes contextos territoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGOLA. Lei de Bases do Ambiente. Lei n.º 05/98, de 19 de junho de 1998. Diário da República, Luanda, 1998.

ANGOLA. Ministério do Ambiente. Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas. Luanda: Ministério do Ambiente, 2021.

ANGOLA. Ministério do Ambiente. Relatório do Estado do Ambiente em Angola. Luanda: Ministério do Ambiente, 2022.

BEATLEY, Timothy. Biophilic cities: integrating nature into urban design and planning. Washington, DC: Island Press, 2021.

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. Green infrastructure: linking landscapes and communities. Washington, DC: Island Press, 2012.

COLDING, Johan. The role of green infrastructure in urban resilience. *Ecology and Society*, v. 25, n. 2, 2020.

DI FELICE, Massimo. *Info-ecologia: ecologia das comunicações e transformação digital*. São Paulo: Paulus, 2009.

DI FELICE, Massimo. *Paisagens pós-urbanas: comunicação, ambiente e sociedade*. São Paulo: Annablume, 2017.

FOLKE, Carl et al. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 41, p. 441-473, 2016.

IPBES. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Bonn: IPBES Secretariat, 2019.

IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006.

KRENAK, Ailton. *Ideias para adiar o fim do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.

LAMANO FERREIRA, M.; ZABOTTO, A. *Arborização urbana: princípios e práticas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

LATOUR, Bruno. *Reagregando o social: uma introdução à Teoria Ator-Rede*. Bauru: EDUSC, 2012.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.

MORIN, Edgar. Introdução ao pensamento complexo. Porto Alegre: Sulina, 2015.

NJOH, Ambe J. Urban planning in Africa: historical antecedents and contemporary trajectories. Habitat International, v. 98, 2020.

NOWAK, David J.; DWYER, John F. Urban forestry: planning and managing urban greenspaces. Long Grove: Waveland Press, 2021.

OMS. World Health Statistics 2021. Geneva: World Health Organization, 2021.

ONU-HABITAT. World Cities Report 2023: Envisaging the Future of Cities. Nairobi: UN-Habitat, 2023.

OSTROM, Elinor. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

PEREIRA, É. Governança digital ambiental: inovação e participação na gestão territorial. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2021.

PEREIRA, É. Smart cities and sustainability: opportunities and limitations. Revista de Direito Ambiental, v. 28, n. 110, p. 89-112, 2023.

TZOUKAS, K. et al. Ecosystem services and urban green infrastructure. Landscape and Urban Planning, v. 212, 2021.

WHEELER, Stephen M. Planning for Sustainability: Creating Livable, Equitable and Ecological Communities. New York: Routledge, 2021.

APÊNDICES

Apêndice A – Síntese dos Principais Referenciais Teóricos Utilizados

Autor/Ano	Obra	Tema principal	Contribuição para a pesquisa
Benedict e McMahon (2012)	Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities	Infraestrutura verde	Fundamentação sobre redes ecológicas urbanas e integração entre paisagem e sustentabilidade.
Beatley (2021)	Biophilic Cities	Cidades biofílicas	Discussão sobre a incorporação da natureza como elemento estruturante do planejamento urbano.
Folke et al. (2016)	Adaptive Governance of Social-Ecological Systems	Governança adaptativa	Fundamentação sobre gestão colaborativa e adaptação de sistemas socioecológicos.
Millennium Ecosystem Assessment (2005)	Ecosystems and Human Well-being	Serviços ecossistêmicos	Definição e classificação dos benefícios fornecidos pelos ecossistemas à sociedade.
IPBES (2019)	Global Assessment Report	Biodiversidad e e sustentabilidadade	Relação entre conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável.

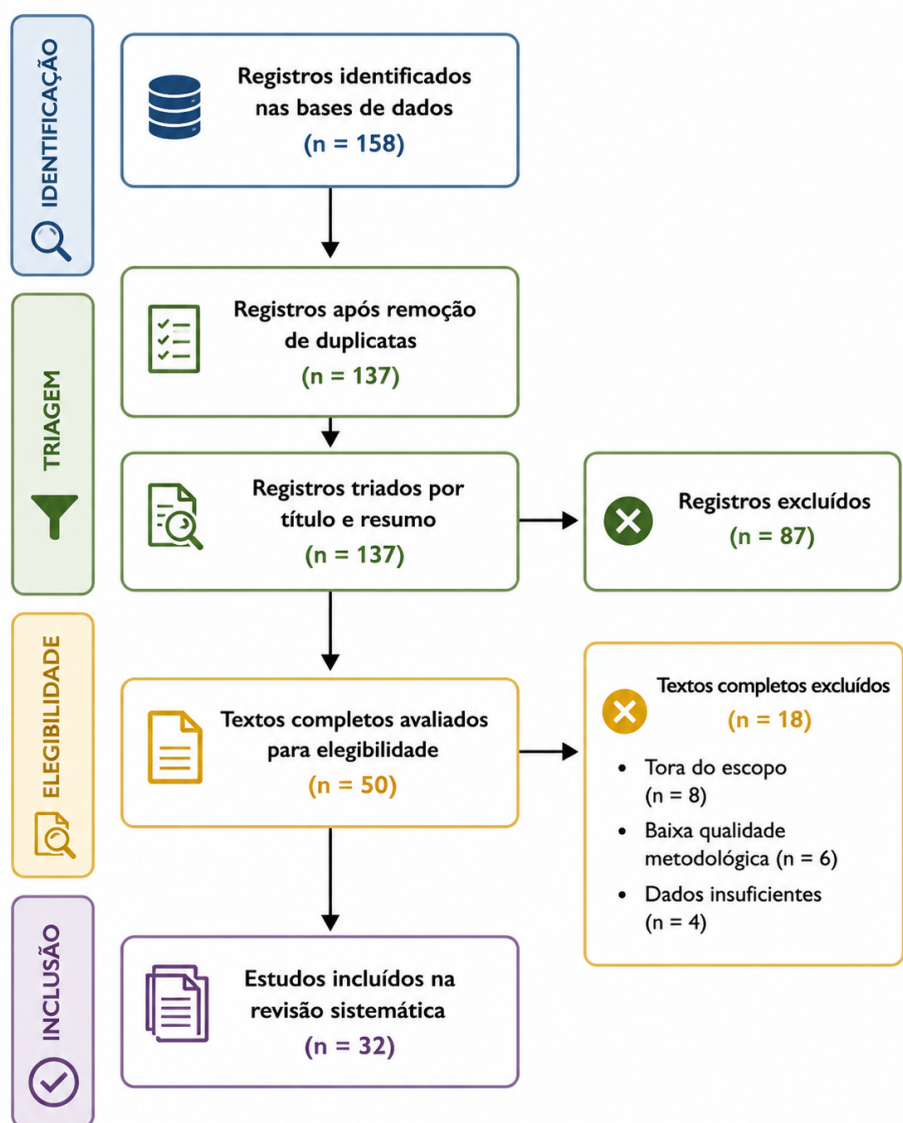
IPCC (2022)	Climate Change 2022	Mudanças climáticas	Evidências científicas sobre adaptação climática e soluções baseadas na natureza.
Jonas (2006)	O Princípio Responsabilidade e	Ética ambiental	Reflexão sobre responsabilidade intergeracional e preservação ambiental.
Krenak (2020)	Ideias para Adiar o Fim do Mundo	Sociedade e natureza	Crítica à separação entre ser humano e meio ambiente.
Morin (2015)	Introdução ao Pensamento Complexo	Complexidade e	Compreensão integrada dos problemas socioambientais contemporâneos.
Ostrom (2011)	Governança dos Recursos Naturais	Gestão participativa	Importância da participação comunitária na gestão de recursos comuns.
Latour (2012)	Reagregando o Social	Teoria Ator-Rede	Integração de atores humanos e não humanos nos processos de governança ambiental.
Di Felice (2009)	Info-ecologia	Ecologias digitais	Relação entre comunicação, tecnologia e ambiente.

Di Felice (2017)	Paisagens Pós- Urbanas	Governança digital	Integração entre territórios físicos e digitais em redes híbridas.
ONU-Habitat (2023)	World Cities Report 2023	Urbanização global	Tendências de crescimento urbano e desafios para a sustentabilidade.
Wheeler (2021)	Planning for Sustainability	Planejament o sustentável	Estratégias para construção de cidades resilientes e sustentáveis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Apêndice B – Fluxograma PRISMA completo com todas as etapas

***Figura 2.** Etapas do processo de seleção de estudos na revisão sistemática, conforme protocolo PRISMA 2020.*



Apêndice C – Ficha de avaliação MMAT aplicada aos estudos

A qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão sistemática foi analisada com base nos princípios da ferramenta Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), adaptada para os objetivos desta pesquisa. A avaliação considerou critérios relacionados à clareza metodológica, consistência analítica e relevância científica dos estudos selecionados.

Quadro C1 – Critérios utilizados na avaliação metodológica

Critério de avaliação	Descrição	Pontuação
-----------------------	-----------	-----------

Objetivo claramente definido	O estudo apresenta objetivos explícitos e coerentes com a proposta de pesquisa.	0 ou 1
Adequação metodológica	O método empregado é compatível com os objetivos propostos.	0 ou 1
Coleta de dados consistente	Os procedimentos de coleta de dados são descritos de forma adequada.	0 ou 1
Análise dos dados	A análise é coerente e suficientemente detalhada.	0 ou 1
Relevância dos resultados	Os resultados contribuem para a compreensão da temática investigada.	0 ou 1

Pontuação máxima por estudo: 5 pontos.

Critérios de classificação

Faixa de pontuação	Classificação
5 pontos	Qualidade metodológica elevada
4 pontos	Qualidade metodológica satisfatória
3 pontos	Qualidade metodológica moderada
0 a 2 pontos	Qualidade metodológica insuficiente

Foram considerados elegíveis para compor a análise final apenas os estudos que obtiveram pontuação igual ou superior a 3 pontos (equivalente a 60% de adequação metodológica).

Síntese da avaliação

Dos 50 estudos submetidos à leitura integral e avaliação metodológica, 32 atenderam aos critérios mínimos de qualidade e

foram incluídos na revisão sistemática. Os estudos excluídos apresentaram limitações relacionadas à insuficiência metodológica, baixa descrição dos procedimentos de pesquisa ou reduzida aderência aos objetivos desta investigação.

A aplicação da ferramenta MMAT contribuiu para aumentar a confiabilidade da revisão, garantindo maior rigor na seleção das evidências científicas utilizadas para a construção do modelo conceitual integrado proposto neste estudo.

Fonte: Adaptado de Hong et al. (2018) e elaborado pelo autor (2026).

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – PROCAM.
Instituto de Energia e Ambiente – IEE. Universidade de São Paulo –
USP. Orientador: Prof. Dr. Massimo Di Felice São Paulo 2026