



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO
DE MESQUITA FILHO”**

Instituto de Ciência e Tecnologia

Câmpus de Sorocaba

Carolina Natsumi Matsumura

**ANÁLISE DO EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS URBANAS:
IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE AUMENTAM A VULNERABILIDADE
DAS CIDADES – O CASO DE SINGAPURA**

Sorocaba - SP

2026

Carolina Natsumi Matsumura

**ANÁLISE DO EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS URBANAS:
IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE AUMENTAM A VULNERABILIDADE
DAS CIDADES – O CASO DE SINGAPURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharela em Engenharia Ambiental
pelo Instituto de Ciência e Tecnologia - ICTS da
Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de
Mesquita Filho’ - UNESP

Orientadora: Prof.^a Dra. Valquíria de Campos

Sorocaba - SP

2026

M434a	Matsumura, Carolina Natsumi Análise do efeito das mudanças climáticas nas áreas urbanas : identificação dos principais fatores que aumentam a vulnerabilidade das cidades - o caso de Singapura / Carolina Natsumi Matsumura. -- Sorocaba, 2026 32 p. : il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientadora: Valquíria de Campos 1. Desenvolvimento sustentável. 2. Qualidade ambiental. 3. Inovação tecnológica. I. Título.
-------	--

CAROLINA NATSUMI MATSUMURA

**ANÁLISE DO EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS URBANAS:
IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE AUMENTAM A VULNERABILIDADE
DAS CIDADES – O CASO DE SINGAPURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, para obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Data de aprovação: 06/08/2026

Trabalho aprovado por meio de parecer, homologado pelo Conselho de Curso em reunião de 06 de agosto de 2026.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meus pais, Elena e Milton e irmãs, Daniela e Debora, pelo apoio incondicional durante minha trajetória acadêmica. Expresso minha gratidão pela presença constante, palavras de conselho, suporte e incentivo durante esse período. Sem vocês, esse momento não seria possível.

Expresso minha gratidão à Prof. Dra. Valquíria de Campos, que aceitou me orientar e conduzir esse trabalho. Agradeço por compartilhar seu conhecimento e experiência e ter tornado essa pesquisa mais rica.

Por fim, manifesto meus agradecimentos ao Instituto de Ciência e Tecnologia – ICTS UNESP pelos aprendizados, vivências, oportunidades e amigos que pude ter e viver. São momentos que serão levados para vida.

ANÁLISE DO EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS URBANAS: IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE AUMENTAM A VULNERABILIDADE DAS CIDADES – O CASO DE SINGAPURA

Candidato: Carolina Natsumi Matsumura

Orientador: Prof.^a Dra. Valquíria de Campos

RESUMO: As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios contemporâneos para os centros urbanos, especialmente em cidades densamente povoadas e altamente urbanizadas. Esta pesquisa busca analisar os impactos das mudanças climáticas nas áreas urbanas, identificando os principais fatores que ampliam a vulnerabilidade das cidades, com foco no estudo de caso de Singapura. A pesquisa aborda fenômenos como ilhas de calor, elevação do nível do mar, enchente, impermeabilização do solo e desigualdades socioespaciais. Singapura foi escolhida por apresentar características relevantes de urbanização intensa e, simultaneamente, políticas públicas avançadas de adaptação climática. O estudo evidencia que fatores como alta densidade populacional, redução de áreas verdes, infraestrutura inadequada e ocupação desordenada do espaço contribuem significativamente para o aumento da vulnerabilidade urbana. Assim, pode-se concluir que estratégias integradas de planejamento urbano, infraestrutura verde e gestão climática são fundamentais para aumentar a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: mudanças climáticas; urbanização; vulnerabilidade urbana; Singapura; sustentabilidade.

**ANALYSIS OF THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN URBAN AREAS:
IDENTIFICATION OF THE MAIN FACTORS THAT INCREASE CITY
VULNERABILITY – THE CASE OF SINGAPORE**

Candidate: Carolina Natsumi Matsumura

Advisor: Prof.^a Dra. Valquíria de Campos

ABSTRACT: Climate change represents one of the greatest contemporary challenges for urban centers, especially in densely populated and highly urbanized cities. This research aims to analyze the impacts of climate change in urban areas, identifying the main factors that increase city vulnerability, with a focus on the case study of Singapore. The study addresses phenomena such as urban heat islands, sea-level rise, flooding, soil impermeabilization, and socio-spatial inequalities. Singapore was chosen due to its significant characteristics of intense urbanization and, at the same time, its advanced public policies for climate adaptation. The study shows that factors such as high population density, reduction of green areas, inadequate infrastructure, and disordered land occupation significantly contribute to increased urban vulnerability. Thus, it can be concluded that integrated strategies involving urban planning, green infrastructure, and climate management are essential to enhance city resilience in the face of climate change.

Keywords: climate change; urbanization; urban vulnerability; Singapore; sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.1.1 Objetivos específicos.....	10
3 JUSTIFICATIVA.....	11
4 METODOLOGIA	12
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
5. 1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	13
5.2 VULNERABILIDADE URBANA.....	18
5.3 CIDADE INTELIGENTE	19
7 DISCUSSÃO	26
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado impactos significativos em diferentes regiões do planeta, afetando especialmente os centros urbanos devido à elevada concentração populacional, intensa ocupação do solo e grande consumo de recursos naturais. O aumento da temperatura média global e a ocorrência cada vez mais frequente de eventos climáticos extremos exigem respostas rápidas dos governos e da sociedade.

As cidades são responsáveis por grande parte das emissões globais de gases do efeito estufa e, portanto, se tornam espaços mais vulneráveis aos efeitos climáticos. A urbanização acelerada e desordenada aliada à impermeabilização do solo e à redução de áreas verdes intensifica problemas ambientais como enchentes e ilhas de calor.

Nesse cenário, Singapura surge como importante estudo de caso, visto que, embora possua um território reduzido e com alta densidade populacional, o país investe fortemente em soluções sustentáveis e políticas de adaptação climática, com projetos de infraestrutura verde, drenagem inteligente e proteção costeira para minimizar os impactos climáticos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos das mudanças climáticas nas áreas urbanas e identificar os principais fatores que aumentam a vulnerabilidade das cidades, usando Singapura como exemplo de adaptação e planejamento urbano resiliente.

2.1.1 Objetivos específicos

- Compreender os impactos das mudanças climáticas nas cidades;
- Identificar os principais fatores de vulnerabilidade urbana;
- Estudar as estratégias de adaptação climática adotadas em Singapura;
- Avaliar a importância do planejamento urbano sustentável.

3 JUSTIFICATIVA

As mudanças climáticas constituem um dos maiores desafios do século XXI, produzindo impactos cada vez mais significativos sobre os sistemas ambientais, econômicos e sociais em escala global. O aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos evidencia a necessidade de desenvolver estratégias eficazes de mitigação e adaptação, especialmente em áreas urbanas, onde concentra grande parte da população mundial.

No Brasil, os efeitos das mudanças climáticas têm se tornado cada vez mais perceptíveis, manifestando-se por meio de desastres naturais, crises hídricas, perdas econômicas e vulnerabilidades socioambientais. Diante desse cenário, torna-se fundamental investigar experiências internacionais que possam contribuir para o aprimoramento das políticas públicas voltadas à sustentabilidade e à resiliência climática.

Nesse contexto, Singapura se destaca como um caso relevante de estudo devido à implementação de iniciativas integradas de transformação digital e sustentabilidade, representadas pelo programa Smart Nation e pelo Singapore Green Plan 2030. Essas estratégias utilizam tecnologias digitais, análise de dados e planejamento de longo prazo para promover a eficiência na gestão urbana, redução de impactos ambientais e o fortalecimento da capacidade de adaptação aos riscos climáticos.

A escolha desse tema se justifica pela necessidade de compreender como a inovação tecnológica pode apoiar o enfrentamento das mudanças climáticas e contribuir para a construção de cidades mais resilientes e sustentáveis. Além disso, a análise das políticas adotadas por Singapura pode fornecer subsídios para reflexões sobre possíveis aplicações e adaptações dessas práticas à realidade brasileira, considerando particularidades territoriais, ambientais e socioeconômicas do país.

4 METODOLOGIA

Este trabalho consiste em pesquisa bibliográfica e análise documental, com base em artigos científicos, relatórios governamentais e publicações acadêmicas relacionadas às mudanças climáticas, urbanização e sustentabilidade urbana.

O estudo de caso de Singapura foi selecionado devido à relevância internacional das políticas urbanas sustentáveis implementadas no país. Foram analisados documentos institucionais e estudos científicos sobre vulnerabilidade climática, ilhas de calor e infraestrutura verde.

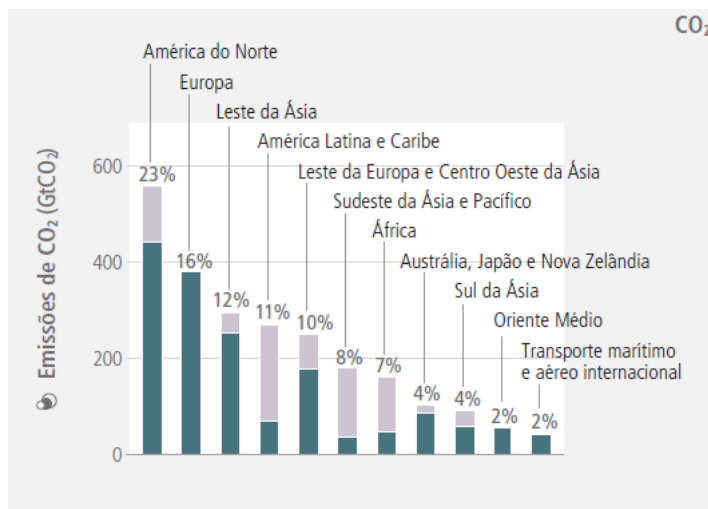
5 REFERENCIAL TEÓRICO

5. 1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A mudança climática, marcada pelo aumento da temperatura média do planeta, refere-se a alterações duradouras no clima, perceptíveis por meio de variações nas médias e nos padrões de temperatura, precipitação, ventos, entre outros fatores. Fenômenos como furacões em regiões incomuns, verões mais intensos no hemisfério Norte e períodos de seca em áreas tradicionalmente úmidas são alguns dos efeitos observados. Muitas dessas transformações já são consideradas irreversíveis em escalas de milhares de anos. Um exemplo é a emissão de dióxido de carbono: embora sua redução possa melhorar rapidamente a qualidade do ar, a estabilização das temperaturas globais ainda levaria entre 20 e 30 anos. (IPCC, 2021; CONTI, 2011)

As mudanças climáticas podem ter origem natural, como consequência de erupções vulcânicas, movimentos orbitais e variações na atividade solar, e antrópica, decorrente das alterações provocadas pela ação humana, tais como desmatamento, queima de combustíveis fósseis, uso de fertilizantes, manejo pecuário, processos industriais, entre outras atividades que provocam o aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera e que são decorrentes do atual estilo de vida e do padrão de consumo e produção. Estima-se que a temperatura média global foi 1,1°C superior entre 2011 e 2020 quando comparado com o período pré-industrial (1850 a 1900). Esse aumento é consequência principalmente das emissões de gases do efeito estufa, com contribuições desiguais entre as regiões, conforme indica ao Gráfico 01, refletindo os diferentes níveis de desenvolvimento. (IPCC, 2023)

Gráfico 01: Emissões antropogênicas de CO₂ acumuladas por região (1850-2019)



Fonte: IPCC, 2023

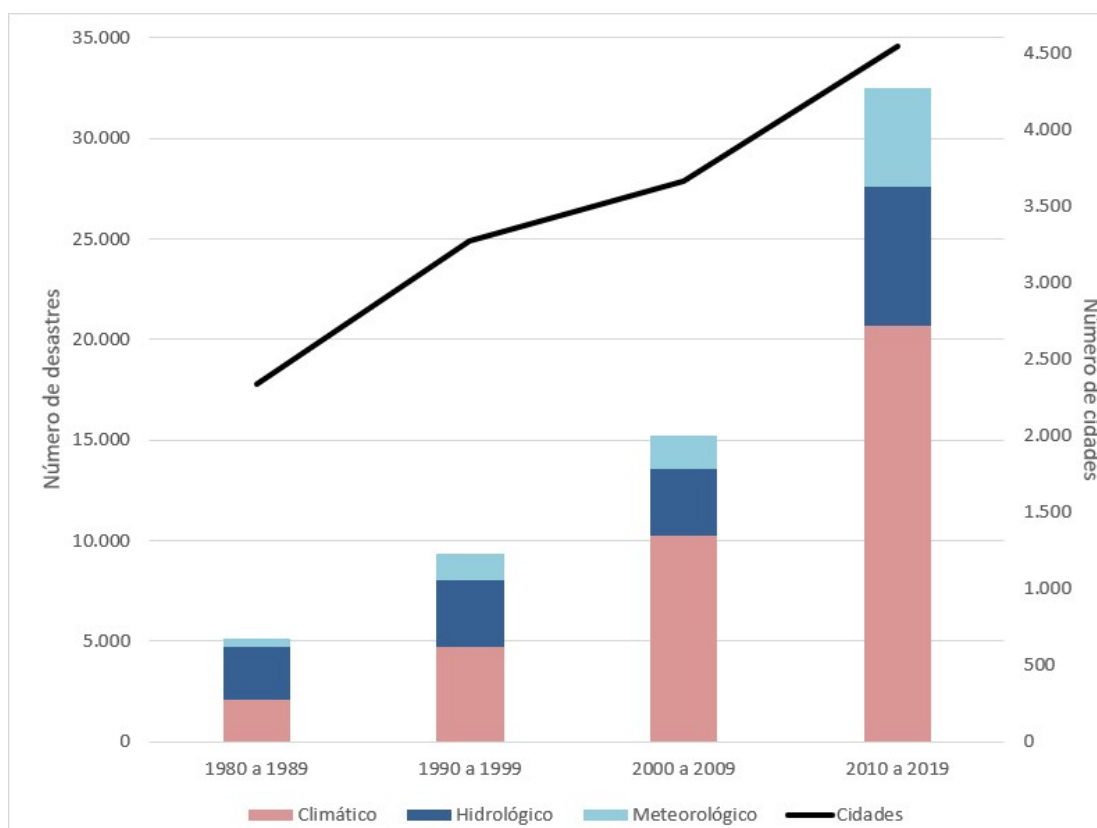
Esse fenômeno, de alcance global, já impacta a segurança alimentar e hídrica, a saúde humana, a economia e a sociedade como um todo. Além disso, afeta de forma mais intensa justamente as comunidades que historicamente menos contribuíram para as mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que dificulta o avanço rumo ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. (IPCC, 2023)

As mudanças climáticas geram impactos tanto sobre o meio ambiente quanto sobre as populações humanas, afetando de forma desigual diferentes regiões e setores. A intensificação de eventos extremos e a destruição de moradias e infraestruturas comprometem a segurança alimentar, ao prejudicar a produção agrícola, a disponibilidade de água e a atividade pesqueira, em função do aquecimento e da acidificação dos oceanos. Além disso, há efeitos significativos na saúde e no bem-estar, com o aumento de doenças infecciosas e de transtornos mentais associados ao calor. Nas áreas urbanas, observa-se também a maior frequência de enchentes e deslizamentos de terra, agravando os riscos para as cidades e suas estruturas. (IPCC, 2023)

Além desses efeitos, as mudanças climáticas têm provocado a intensificação de eventos extremos, os quais são definidos como fenômenos naturais caracterizados por ocorrerem com intensidade, magnitude ou frequência consideravelmente acima dos padrões considerados normais para uma determinada região ou período. A

ocorrência desse fenômeno vem aumentando nas últimas décadas, principalmente devido à intensificação do efeito estufa e do aquecimento global e são evidenciados pelo aumento consistente da temperatura média terrestre, com ondas de calor mais intensas, duradouras e frequentes; crescimento de chuvas intensas e concentradas, o que eleva os riscos de enchentes e deslizamentos; secas mais severas e prolongadas; e tempestades e ciclones com maior potencial de destruição. A probabilidade de um evento extremo ocorrer e impactar significativamente depende: do perigo em si, exposição, vulnerabilidade e capacidade de adaptação da comunidade. Assim, é fortemente recomendado a adoção de iniciativas que busquem simultaneamente reduzir a exposição e a vulnerabilidade das populações e aumentar a sua capacidade de adaptação. (IPCC, 2014; IPCC, 2019; MAZUTTI, 2021)

Como exemplo, pode-se citar as temperaturas recordes durante a onda de calor de 2023 na Europa, seca hídrica no sudeste brasileiro em 2014, incêndios florestais na Austrália entre 2019 e 2020, frio extremo no Texas (EUA) em 2019, entre outros. No cenário nacional, entre 1800 e 2019, como mostra o Gráfico 02, o número de cidades afetadas por desastres naturais dobrou, sendo eles divididos em fenômenos climáticos (relacionados à falta de água e incêndios), hidrológicos (enchentes, enxurradas e inundações) e meteorológicos (tempestades e ventos intensos). (BARROSO, 2020; IPCC, 2014; IPCC, 2019)

Gráfico 02: Eventos climáticos classificados por tipo

Fonte: Galileu, 2020

De modo geral, pode-se dizer que os impactos das mudanças climáticas irão variar de acordo com a região, a forma que seu espaço é ocupado, fatores geográficos, características de sua população e existência de políticas e infraestrutura adequada à essas alterações. (D'ANTONA, 2011)

Nesse cenário, o aumento da urbanização está fortemente associado às mudanças climáticas, uma vez que a concentração de populações e atividades produtivas gera impactos ambientais degradantes de longa duração. Embora as atividades agropecuárias também causem prejuízos sobre o meio ambiente, a pegada ecológica de algumas cidades pode ultrapassar em mais de 100 vezes a sua própria área, isto é, o padrão de consumo e a geração de rejeitos das populações urbanas exigem uma quantidade de recursos naturais muito superior ao espaço que ocupam. Ademais, a urbanização afeta as condições naturais, tornando o meio mais propício aos desastres ambientais e potencializando seus efeitos, os quais são mais sentidos

pelas populações em situação de vulnerabilidade social. (CEPAL, 2008; JATOBÁ, 2011)

Destaca-se, portanto, que as mudanças climáticas e seus impactos serão sentidos intensamente nas cidades do hemisfério Sul, visto que possuem menor capacidade de resposta, maiores concentrações de populações carentes, recursos financeiros limitados que competem com outras necessidades, presença de assentamentos informais com infraestrutura inadequada e falta de saneamento básico e ocupações de áreas de risco. (CASIMIRO, 2022)

A urbanização é um dos processos mais marcantes da sociedade contemporânea, caracterizada pela concentração populacional nas cidades e pela expansão dos espaços urbanos. Paralelamente, as mudanças climáticas têm se intensificado nas últimas décadas, provocando impactos ambientais significativos em escala global. Nesse contexto, é fundamental compreender que esses dois fenômenos estão profundamente interligados, influenciando-se mutuamente. (CAMPOS, 2025; ONU–HABITAT, 2020)

Em primeiro lugar, a urbanização contribui diretamente para o agravamento das mudanças climáticas. O crescimento das cidades está associado ao aumento da emissão de gases poluentes, principalmente devido ao uso intensivo de veículos, à atividade industrial e ao alto consumo de energia. Além disso, a expansão urbana frequentemente ocorre às custas do desmatamento, reduzindo a capacidade de absorção de dióxido de carbono pela vegetação. Outro fator relevante é a formação das chamadas ilhas de calor, causadas pela substituição de áreas naturais por concreto e asfalto, o que eleva as temperaturas locais e intensifica o efeito estufa. (CAMPOS, 2025)

Por outro lado, as mudanças climáticas também impactam fortemente as áreas urbanas. O aumento da temperatura global contribui para a ocorrência de ondas de calor mais intensas, que afetam diretamente a saúde da população urbana. Além disso, eventos extremos, como chuvas intensas, tornam-se mais frequentes, provocando enchentes e deslizamentos, especialmente em regiões com infraestrutura precária. Esse cenário evidencia a vulnerabilidade das cidades, sobretudo quando há falta de planejamento urbano adequado e ocupação irregular de áreas de risco. (CAMPOS, 2025; ONU–HABITAT, 2020)

Diante disso, torna-se evidente a necessidade de repensar o modelo de urbanização atual. A adoção de práticas sustentáveis, como o investimento em transporte público de baixa emissão, a ampliação de áreas verdes e o uso de fontes de energia renovável, é essencial para mitigar os impactos ambientais. Assim, a construção de cidades mais resilientes não apenas contribui para o enfrentamento das mudanças climáticas, mas também melhora a qualidade de vida da população. (ONU-HABITAT,2020)

5.2 VULNERABILIDADE URBANA

A vulnerabilidade urbana se refere ao grau em que as cidades, suas populações, infraestruturas e sistemas econômicos estão expostos e suscetíveis aos impactos provocados pelo clima. Esse conceito não envolve apenas a ocorrência de eventos climáticos extremos, mas também abrange à capacidade das cidades de responder, resistir e se recuperar dos impactos ambientais, sociais e econômicos provocados pelas mudanças climáticas. Entre os principais fatores de vulnerabilidade urbana destacam-se: impermeabilização excessiva do solo, déficit de áreas verdes, infraestrutura urbana precária, ocupação irregular de áreas de risco, desigualdade socioeconômica, deficiência em sistemas de drenagem e alta densidade populacional. (IPCC, 2022)

O processo acelerado de urbanização, marcado pela expansão desordenada do espaço urbano, contribui significativamente para o aumento da vulnerabilidade das cidades. A ocupação de áreas ambientalmente frágeis, como encostas, margens de rios e regiões sujeitas a inundações, expõe essas populações a riscos constantes. Ademais, a falta de infraestrutura urbana, de sistemas de drenagem adequados, saneamento básico e déficit habitacional intensificam os impactos dos eventos climáticos extremos. (MOURA, 2016)

No âmbito social, a vulnerabilidade urbana não afeta todos os grupos da mesma forma. Populações de baixa renda tendem a sofrer consequências mais severas, uma vez que, geralmente, residem em áreas de maior risco e possuem menor capacidade de adaptação e recuperação diante de desastres climáticos. Dessa

forma, as mudanças climáticas ampliam e tornam mais evidentes as desigualdades socioespaciais existentes. (MOURA, 2016)

Assim, torna-se fundamental a implementação de estratégias de adaptação e mitigação. As primeiras têm como objetivo reduzir a exposição e sensibilidade das cidades aos impactos climáticos através de ações como planejamento territorial adequado, ampliação de áreas verdes, construção de infraestrutura resiliente e fortalecimento dos sistemas de monitoramento e alerta. As estratégias de mitigação buscam reduzir as emissões de gases do efeito estufa, contribuindo para limitar o avanço das mudanças climáticas a nível global. (MOURA, 2016)

5.3 CIDADE INTELIGENTE

O conceito oficial de cidade inteligente foi apresentado em 2014 pela União Internacional das Telecomunicações (UTI), agência da Organização das Nações Unidas especializadas nas telecomunicações, tecnologias da informação e comunicação (TIC) e pode ser definido como:

[...] uma cidade inovadora que utiliza as TICs ou outros meios para melhorar a qualidade de vida, eficiência da operação e serviços urbanos, e competitividade, assegurando ao mesmo tempo atender às necessidades de gerações presentes e futuras no que diz respeito aos aspectos econômicos, sociais e ambientais

(KONEPUDI, 2014)

As cidades inteligentes são ditas como um meio para alcançar um objetivo maior, como a sustentabilidade ou a resiliência para enfrentar as mudanças climáticas, ou seja, é o uso estratégico de tecnologias, análise de dados e inovações para melhorar a qualidade de vida da população, aumentar a eficiência dos serviços públicos e promover o desenvolvimento urbano sustentável. Assim, as cidades inteligentes buscam integrar infraestrutura física, sistemas digitais e a participação da sociedade no enfrentamento dos desafios urbanos contemporâneos, como

mobilidade, segurança, gestão dos recursos naturais e adaptação às mudanças climáticas. (MAZUTTI, 2021)

Para ser considerada uma cidade inteligente, deve atender oito características principais: economia, pessoas, governança, mobilidade, meio ambiente, estilo de vida, infraestrutura e tecnologias de informação e comunicação (TIC). A Imagem 01 indica os fatores de cada dimensão para avaliação de uma cidade inteligente. (MAZUTTI, 2021)

Imagem 01: Dimensões de uma cidade inteligente.



Fonte: MAZUTTI, 2021.

O exemplo mundialmente mais reconhecido de cidade inteligente é Singapura, uma cidade-estado pequena, muito urbanizada e extremamente vulnerável ao aumento do nível do mar que é destaque na implementação de políticas inovadoras voltadas à transformação digital do espaço urbano e pelo uso intensivo de tecnologias para aprimorar a gestão pública. (HO, 2017)

6 RESULTADOS

Singapura é uma cidade-estado insular localizada no sudeste asiático, com uma área aproximada de 735 km², sendo um dos países mais densamente povoados do mundo. Apesar de ser pequeno territorialmente, tornou-se um dos países mais desenvolvidos e prósperos do mundo, destacando-se pelo forte setor financeiro internacional, indústria tecnológica avançada, ambiente favorável para negócios e investimentos, alto PIB per capita e a presença de um dos portos mais movimentados do planeta. (BRITTANICA, 2026; COSTA, 2024)

Um dos primeiros países em desenvolvimento a reconhecer a importância da Tecnologia da Informação (TI) e dos sistemas inteligentes, iniciou em 1981 o projeto National Computer Board (NCB) com o objetivo de conduzir a modernização tecnológica do país. Desde então, o governo tem promovido iniciativas voltadas ao fortalecimento das competências em TI e à construção de uma sociedade cada vez mais digitalizada, tanto no setor público quanto privado, visando aumentar a competitividade econômica no cenário global e elevar a qualidade de vida de sua população. (COSTA, 2024; MAHIZHNAN, 1999)

Os investimentos em tecnologias realizados por Singapura têm gerado diversos benefícios concretos, promovendo avanços significativos na eficiência do transporte público, na gestão de resíduos, na segurança urbana e na qualidade dos serviços de saúde. Além disso, as soluções tecnológicas implementadas têm contribuído para a redução do consumo de energia, o aprimoramento da mobilidade urbana e a otimização da gestão dos recursos públicas, fortalecendo a sustentabilidade e o bem-estar da população. (COSTA, 2024)

Entre as iniciativas de mobilidade inteligente implementadas em Singapura, destaca-se o programa Green Link Determining System (GLIDE), implementado em 1981. Trata-se de um sistema avançado de gerenciamento de tráfego que monitora e ajusta os semáforos em tempo real de acordo com as condições das vias. Por meio da integração de sensores e algoritmos de controle, o sistema sincroniza os sinais de trânsito ao longo dos principais corredores urbanos, criando o chamado “green wave” (onda verde), que reduz o número de paradas dos veículos, melhora a fluidez do

tráfego e diminui os congestionamentos. A iniciativa tem contribuído significativamente para aumentar a eficiência da rede viária, reduzir o consumo de combustíveis e apoiar os objetivos de sustentabilidade. (LTA, 2024)

Singapura é frequentemente citada como referência internacional em adaptação às mudanças climáticas, especialmente por sua vulnerabilidade à elevação do nível do mar. Como uma cidade-estado insular de baixa altitude, o país enfrenta riscos significativos relacionados a inundações costeiras, eventos climáticos extremos e aumento das temperaturas. Uma das principais estratégias adotadas por Singapura é o investimento em infraestrutura resiliente. O governo desenvolveu sistemas avançados de drenagem urbana, reservatórios de água e barreiras contra enchentes para reduzir os impactos de chuvas intensas e da subida do nível do mar. (SINGAPORE, 2022)

Em 2014, o governo singaporense lançou a iniciativa Smart Nation, um programa nacional que tem como objetivo integrar soluções digitais, análise de dados, inteligência artificial e infraestrutura inteligente em diferentes setores da sociedade, incluindo transporte, saúde, educação, segurança e sustentabilidade. Dessa forma, o programa busca criar um ecossistema digital integrado capaz de apoiar a tomada de decisões baseada em dados e oferecer serviços mais eficientes e personalizados à população. Por meio de uma extensa rede de sensores, o governo monitora variáveis relacionadas à qualidade do ar, consumo de energia, gestão hídrica, mobilidade urbana e condições climáticas em tempo real. Essas informações permitem respostas mais rápidas a eventos ambientais e subsidiam o planejamento urbano baseado em evidências. (SINGAPORE, 2025)

No setor de recursos hídricos, considerado fundamental para Singapura devido à limitada disponibilidade de água doce, tecnologias digitais são empregadas para monitorar reservatórios, prever demandas de consumo e identificar perdas na rede de distribuição. Além disso, sistemas inteligentes auxiliam no gerenciamento da drenagem urbana e na prevenção de enchentes. O uso de dados em tempo real possibilita maior eficiência na gestão da infraestrutura hídrica e contribui para aumentar a resiliência da cidade diante de eventos climáticos extremos. (SINGAPORE, 2025)

Outro aspecto relevante se refere à eficiência energética dos edifícios e da infraestrutura urbana. Tecnologias de monitoramento e automação possibilita a gestão mais eficiente do consumo energético em edifícios públicos e privados, reduzindo desperdícios e contribuindo para as metas nacionais de mitigação das emissões de carbono. O uso de redes inteligentes e sistemas de análise preditiva também favorecem a integração de fontes renováveis e o planejamento energético de longo prazo. (SINGAPORE, 2025)

Assim, o Smart Nation demonstra como a transformação digital pode ser incorporada às estratégias de enfrentamento das mudanças climáticas. Ao combinar inovação tecnológica, governança baseada em dados e planejamento urbano sustentável, Singapura busca aumentar sua capacidade de adaptação dos riscos climáticos e avançar em direção a um modelo de desenvolvimento mais resiliente e ambientalmente sustentável. (SINGAPORE, 2025)

Complementando essa estratégia, o governo de Singapura lançou, em 2021, o Singapore Green Plan 2030, um plano nacional que estabelece metas voltadas a descarbonização da economia, à adaptação das mudanças climáticas e ao uso eficiente dos recursos naturais e está estruturado em cinco eixos estratégicos – Cidade na Natureza, Vida Sustentável, Reinício Energético, Economia Verde e Futuro Resiliente. (SINGAPORE, 2021)

O primeiro pilar, Cidade na Natureza, busca ampliar a integração entre o ambiente urbano e os ecossistemas naturais. Por isso, o governo investe na expansão de áreas verdes, na criação de corredores ecológicos e na conservação da biodiversidade. Além de melhorar a qualidade ambiental e o bem-estar da população, essas iniciativas contribuem para a adaptação às mudanças climáticas e aumentar a capacidade de absorção de águas pluviais. (SINGAPORE, 2021)

O pilar Vida Sustentável tem como objetivo incentivar hábitos de consumo mais responsáveis e reduzir o impacto ambiental das atividades cotidianas. As ações incluem programas de reciclagem, redução da geração de resíduos, eficiência no uso de água e energia, além da promoção de estilos de vida sustentáveis. A participação da população é considerada essencial para o alcance das metas estabelecidas no plano. (SINGAPORE, 2025)

O Reinício Energético se concentra na transformação do sistema energético nacional. Entre suas principais metas estão o aumento da eficiência energética, ampliação da geração de energia solar, desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono e redução da dependência de combustíveis fósseis. Esse pilar também busca fortalecer a segurança energética do país diante dos desafios impostos pela transição energética global. (SINGAPORE, 2021)

A Economia Verde visa posicionar Singapura como centro internacional de inovação sustentável e finanças verde. O governo incentiva investimentos em tecnologias limpas, pesquisa e desenvolvimento de soluções ambientais, além da capacitação profissional para os chamados empregos verdes. O objetivo é conciliar crescimento econômico com sustentabilidade ambiental, criando oportunidades de desenvolvimento alinhadas à transição para uma economia de baixo carbono. (SINGAPORE, 2021)

O quinto e último pilar, Futuro Resiliente, está voltado à adaptação às mudanças climáticas e ao fortalecimento da resiliência nacional. As ações incluem o desenvolvimento de infraestrutura capaz de enfrentar eventos climáticos extremos, medidas de proteção costeira contra a elevação do nível do mar, fortalecimento da segurança hídrica e alimentar e aprimoramento dos sistemas de monitoramento ambiental. Esse pilar reconhece que os impactos das mudanças climáticas já são uma realidade e exige estratégias de longo prazo reduzir as vulnerabilidades. (SINGAPORE, 2021)

Desde o lançamento do Singapore Green Plan 2030, Singapura tem registrado avanços relevantes na implementação de suas metas de sustentabilidade e ação climática. Os resultados mais expressivos são observados na expansão da energia solar, na promoção de edifícios sustentáveis, no fortalecimento das finanças verdes e na ampliação da infraestrutura de adaptação climática. Paralelamente, o país vem investindo em soluções tecnológicas e digitais por meio do programa Smart Nation, utilizando sensores, inteligência artificial e análise de dados para monitorar indicadores ambientais e otimizar a gestão de recursos. Apesar dos progressos alcançados, desafios relacionados à redução de resíduos, ao aumento das taxas de reciclagem e à descarbonização de determinados setores da economia permanecem relevantes. Ainda assim, Singapura é amplamente reconhecida como uma das

principais referências internacionais na integração entre transformação digital, sustentabilidade e resiliência climática. (SINGAPORE, 2021; SINGAPORE, 2025)

7 DISCUSSÃO

O Brasil apresenta avanços relevantes no enfrentamento das mudanças climáticas, especialmente devido à sua matriz energética predominantemente renovável, à existência de políticas nacionais de clima e à capacidade de monitoramento ambiental. Entretanto, problemas como desmatamento, queimadas, enchentes, secas, deslizamentos, urbanização desordenada e vulnerabilidade social têm evidenciado a necessidade de fortalecer estratégias de adaptação climática e aumentar a resiliência da infraestrutura urbana.

O país possui instituições técnicas importantes, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, responsáveis pelo monitoramento ambiental e pela emissão de alertas de desastres naturais. No entanto, a integração dessas informações com o planejamento urbano e a gestão municipal ainda apresenta limitações.

Experiências internacionais, como as desenvolvidas por Singapura por meio das iniciativas Smart National e Green Plan 2030, podem oferecer referências importantes para a integração entre tecnologia, planejamento urbano e sustentabilidade. Assim, não se trata de copiar Singapura, mas analisar quais elementos do modelo singaporense podem ser adotados à realidade brasileira, visto que se trata de países com dimensões territoriais, populações e capacidades institucionais muito diferentes.

Nesse contexto, destaca-se as estratégias de planejamento de longo prazo, utilização de tecnologias digitais para o monitoramento ambiental, integração entre sustentabilidade e transformação digital e investimentos em infraestrutura resiliente. A experiência de Singapura demonstra que a combinação entre governança eficiente, uso intensivo de dados e inovação tecnológica pode aumentar a capacidade de resposta aos impactos das mudanças climáticas. No caso brasileiro, a adaptação dessas práticas poderia contribuir para o aprimoramento dos sistemas de alerta de desastres, da gestão hídrica, do planejamento urbano e da formulação de políticas públicas voltadas à resiliência climática, especialmente em cidades expostas a enchentes, secas e eventos extremos. Assim, o principal aprendizado de Singapura para o Brasil não é tecnológico, mas institucional: a capacidade de integrar

planejamento, tecnologia e sustentabilidade em uma estratégia nacional de longo prazo.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas representam um dos principais desafios contemporâneos, exigindo a adoção de estratégias capazes de reduzir vulnerabilidades e aumentar a resiliência das sociedades diante dos impactos ambientais. Nesse contexto, o presente trabalho buscou analisar as iniciativas Smart Nation e Singapore Green Plan 2030 como exemplos de integração entre transformação digital, sustentabilidade e adaptação climática.

A análise realizada demonstrou que o Smart Nation vai além de um programa de digitalização de serviços públicos, constituindo uma estratégia nacional que utiliza tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), sensores e análises de dados para aprimorar a gestão urbana e apoiar a tomada de decisão baseada em evidências. Paralelamente, o Singapore Green Plan 2030 estabelece metas ambientais que orientam o desenvolvimento sustentável do país, abrangendo áreas como eficiência energética, mobilidade sustentável, conservação ambiental e adaptação às mudanças climáticas.

Os resultados evidenciam que a integração entre tecnologia, planejamento de longo prazo e governança eficiente tem contribuído para fortalecer a capacidade de Singapura de enfrentar desafios climáticos, mesmo diante de limitações territoriais e ambientais. A experiência singaporense demonstra que a inovação tecnológica pode desempenhar papel fundamental no monitoramento ambiental, na gestão inteligente de recursos naturais e na construção de cidades mais resilientes.

No caso brasileiro, embora existam diferenças significativas em relação a Singapura, especialmente quanto à dimensão territorial, diversidade socioeconômica e estrutura federativa, diversos aprendizados podem ser extraídos desse modelo. O fortalecimento do planejamento climático, a ampliação do uso de tecnologias digitais na gestão pública, o investimento em infraestrutura resiliente e a integração entre sustentabilidade e inovação representam oportunidades para aprimorar as políticas de adaptação climática no país.

Conclui-se, portanto, que o enfrentamento das mudanças climáticas demanda abordagens multidisciplinares e integradas, nas quais tecnologia, governança e

sustentabilidade atuem de forma complementar. Nesse sentido, as iniciativas analisadas constituem referências importantes para o desenvolvimento de estratégias voltadas à construção de cidades mais inteligentes, sustentáveis e preparadas para os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, M. **Por que eventos climáticos extremos são cada vez mais parte da realidade.** Revista Galileu, 2020. Disponível em <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2020/07/por-que-eventos-climaticos-extremos-sao-cada-vez-mais-parte-da-realidade.html>. Acesso em 20 fev. 2026

CAMPOS, J. B., MARIANO, M. I., NUNES, S. G. S., & TAKIYA, H. (2025). **MUDANÇA CLIMÁTICA E SAÚDE: A CIDADE DE SÃO PAULO E AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE ENFRENTAMENTO ÀS ONDAS DE CALOR.** Revista Simetria Do Tribunal De Contas Do Município De São Paulo, 1(16), 79–115. <https://doi.org/10.61681/revistasimetria.v1i16.232>. Acesso em 20 fev. 2026

CASIMIRO, L. M. S.M; JEREISSATI, L. C. **Smart Cities e mudanças climáticas no Brasil: debate e tensões no âmbito da gestão urbana contemporânea.** A&C - Revista de Direito Administrativo & Constitucional, Belo Horizonte, v. 22, n. 88, p. 201–232, 2022. DOI: 10.21056/aec.v22i88.1609. Disponível em: <https://revistaaec.com/index.php/revistaaec/article/view/1609>. Acesso em 20 fev. 2026

CONTI, J. B. **Considerações sobre as mudanças climáticas globais.** Revista Do Departamento De Geografia, 16, 70-75. 2011 Disponível em <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0007>. Acesso em 20 fev. 2026

COSTA, F. **CIDADES INTELIGENTES, TECNOLOGIAS E APLICABILIDADE NA CIDADE DE CATALÃO – GOIÁS.** 2024. Disponível em https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/4646/1/art_tcc_Jos%c3%a9%20Felipe%20Duarte%20da%20Costa.pdf. Acesso em 03 mar. 2026

D'ANTONA, A. O; CARMO, R. L. **Dinâmicas demográficas e ambiente.** Campinas: Núcleo de Estudos de População - Nepo/Unicamp, 2011. Acesso em 03 mar. 2026

HO, E. **Smart Subjects for a Smart Nation? Governing (Smart)mentalities in Singapore.** Urban Studies, v. 54, n. 13, p. 3101–3118, 2017. DOI: 10.1177/0042098016664305. Acesso em 03 mar. 2026

IPCC. **Mudança do Clima 2021: A Base Científica Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.** Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

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

IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report.** 2023. Disponível em https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em 20 fev. 2026

JATOBÁ, S. U. S. **Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. Boletim Regional, Urbano e Meio Ambiente.** 2011. Disponível em <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/10259594-ae90-451c-8ab6-1704f32c90cb/content>. Acesso em 26 fev. 2026

KONDEPUDI, S. N. **Smart sustainable cities analysis of definitions. The ITU-T focus group of sustainable cities.** 2014. Disponível em https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx. Acesso em 26 fev. 2026

LTA. **GLIDE Into Smoother Traffic: The Green Wave You Want to Ride.** 2024. Disponível em: https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/who_we_are/statistics_and_publications/Connect/GLIDE.html. Acesso em 05 mar. 2026

MAHIZHNAN, Arun. **Smart cities: The Singapore case.** v. 16, n. 1, p. 13–18, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026427519800050X>. Acesso em 05 mar 2026

MAZUTTI, J. **Adaptação às mudanças climáticas em núcleos urbanos: iniciativas em cidades inteligentes e a contribuição para a Agenda 2030.** Passo Fundo, 2021. Disponível em <https://repositorio.upf.br/server/api/core/bitstreams/e84e2dd5-481f-4bad-be98-21615cdce61f/content>. Acesso em 20 mar. 2026

MOURA, J. D. P; MARANDOLA, J. E. **Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana.** São Paulo. 2014. (Coleção:

População e Sustentabilidade). *Geografia (Londrina)*, 24(2), 125–129. Disponível em <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/20811/19318> . Acesso em 20 mar. 2026

ONU-HABITAT. **World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: United Nations.** 2020. Disponível em <https://unhabitat.org/world-cities-report-2020-the-value-of-sustainable-urbanization>. Acesso em 20 mar. 2026

SINGAPORE. **Ministry of Sustainability and the Environment. Singapore Green Plan 2030.** Singapura, 2021. Disponível em: Singapore Green Plan 2030. Acesso em: 14 mai. 2026.

SINGAPORE. **National Climate Change Secretariat. Singapore's Climate Action Package: A Climate-Resilient Future. Singapura: Prime Minister's Office,** 2022. Disponível em: <https://www.nccs.gov.sg/>. Acesso em: 14 mai. 2026.

SINGAPORE. **Smart Nation and Digital Government Office. Smart Nation 1.0.** 2025. Disponível em: <https://www.smartnation.gov.sg/>. Acesso em: 14 mai. 2026.