
Gestão Climática para Cidades Inteligentes

Diagnóstico, tecnologia e monitoramento do território

Marcos Cordioli

Resumo

A gestão climática municipal começa pelo diagnóstico do território e pelo monitoramento contínuo das variáveis que definem o risco. A análise articula resiliência urbana, cidade inteligente e sustentabilidade, distingue mitigação de adaptação e examina as tecnologias de sensoriamento, conectividade e inteligência artificial aplicadas à gestão de riscos, com atenção às soluções baseadas na natureza e à educação para a resiliência. Municípios de todos os portes podem construir capacidade de gestão climática, desde que combinem planejamento estratégico, governança participativa e capacidade institucional.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Cidades inteligentes. Resiliência urbana. Adaptação climática. Mitigação. IoT. Gestão de riscos.

Abstract

Municipal climate management begins with a diagnosis of the territory and the continuous monitoring of the variables that define risk. The analysis links urban resilience, smart cities and sustainability, distinguishes mitigation from adaptation, and examines the sensing, connectivity and artificial intelligence technologies applied to risk management, with attention to nature-based solutions and education for resilience. Municipalities of all sizes can build climate management capacity, provided they combine strategic planning, participatory governance and institutional capacity.

Keywords: Climate change. Smart cities. Urban resilience. Climate adaptation. Mitigation. IoT. Risk management.

Introdução

As mudanças climáticas deixaram de ser uma abstração científica para tornarem-se a realidade mais concreta e urgente da vida urbana contemporânea. Enchentes que destroem bairros inteiros, secas que comprometem o abastecimento de cidades, ondas de calor que ceifam vidas entre os mais vulneráveis, deslizamentos que revelam décadas de ocupação desordenada em encostas — estes fenômenos, antes tratados como excepcionais, tornaram-se parte do calendário urbano brasileiro. O Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (2022) concluiu que os impactos das mudanças climáticas já estavam produzindo danos generalizados, alguns irreversíveis, em ecossistemas e sistemas humanos, e que os esforços de adaptação ainda eram insuficientes em muitos contextos.

A convicção, construída ao longo de anos de trabalho na interseção entre inovação tecnológica, gestão pública e desenvolvimento urbano, é a de que os municípios brasileiros têm papel central e insubstituível no enfrentamento desta crise. Os municípios não resolvem sozinhos um problema de escala planetária, mas é no território municipal que a vida acontece, que a chuva cai, que o rio transborda, que o calor sufoca, que as pessoas buscam abrigo e proteção. É no município que as políticas climáticas globais ganham ou perdem sentido concreto.

A boa notícia é que as ferramentas existem. A tecnologia digital democratizou o acesso a instrumentos de monitoramento, análise preditiva e gestão de riscos que há dez anos seriam inacessíveis para a maioria dos municípios brasileiros. A legislação federal avançou de forma significativa. Os mecanismos de financiamento climático nacional e internacional se multiplicaram. O arcabouço conceitual do planejamento estratégico urbano amadureceu. O que ainda falta, em muitos contextos, é a decisão política de agir, o planejamento técnico para agir bem e a capacidade institucional para agir com continuidade.

Gestores, técnicos, engenheiros, arquitetos, planejadores e líderes são os destinatários desta reflexão. Cada um deles, em seu âmbito de atuação, é agente da transformação que as cidades brasileiras precisam realizar. O caminho é exigente, mas está traçado.

A gestão climática municipal se organiza em dois textos complementares. Diagnóstico, tecnologias de monitoramento e gestão de riscos formam o primeiro. Transformação digital das prefeituras, financiamento, planejamento orçamentário e compras públicas formam o segundo, tratados em artigos próprios.

1 | Panorama Geral e Cenário Atual

1.1 | A Crise Climática e a Complexidade Urbana

A urbanização acelerada é, ao mesmo tempo, uma das maiores conquistas civilizatórias do século XX e um dos vetores mais poderosos de vulnerabilidade climática no século XXI. Segundo o Censo 2022 do IBGE, cerca de 87% da população brasileira vive hoje em áreas urbanas — uma concentração que intensifica a exposição coletiva aos riscos climáticos e que transforma cada evento extremo em uma crise de escala potencialmente catastrófica. Enchentes, deslizamentos, ondas de calor urbana, escassez hídrica e degradação da qualidade do ar são, além de fenômenos naturais, fenômenos sociotécnicos, produzidos pela interação entre dinâmicas climáticas globais e escolhas históricas de ocupação e gestão do território.

A vulnerabilidade climática das cidades não é determinada apenas pela intensidade dos eventos extremos, mas também pela forma desigual como o território é ocupado e pela capacidade diferenciada de proteção de suas populações. Enchentes, deslizamentos e ondas de calor tendem a produzir impactos mais graves onde já existem déficits de infraestrutura, serviços públicos e condições adequadas de habitação. Por isso, a gestão climática não pode limitar-se à resposta aos desastres: precisa atuar sobre as condições territoriais que produzem e ampliam a vulnerabilidade. Preparar cidades para as mudanças climáticas significa, portanto, reduzir riscos, qualificar o território e ampliar a capacidade de proteção da população.

A complexidade deste cenário reside na simultaneidade dos desafios que ele impõe aos gestores municipais. É preciso, ao mesmo tempo, responder a emergências imediatas com eficiência e humanidade; adaptar a infraestrutura existente às novas condições climáticas com recursos limitados; planejar novos territórios com visão de longo prazo em contextos de incerteza crescente; e construir as capacidades institucionais necessárias para fazer tudo isso de forma contínua, independentemente das oscilações do ciclo político. Trata-se de um desafio de gestão estratégica sem precedentes na história dos municípios brasileiros.

1.2 | Tecnologias Digitais como Estratégia de Governança Climática

As tecnologias digitais, neste cenário, emergem como instrumentos poderosos de ampliação da capacidade estatal de percepção, análise e resposta ao ambiente urbano. A Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA) e o Big Data — integrados em plataformas de gestão urbana — colocam nas mãos dos gestores municipais uma capacidade de monitoramento territorial em tempo real que há uma década seria impensável. Os sensores ambientais distribuídos estrategicamente pelo território capturam dados contínuos sobre temperatura, umidade, precipitação, qualidade do ar, nível d'água em rios e sistemas de drenagem, pressão atmosférica e inúmeras outras variáveis relevantes para a gestão climática.

O valor destas tecnologias não reside, porém, na quantidade de dados que produzem — reside na qualidade das decisões que possibilitam. A passagem dos dados brutos à inteligência aplicável requer camadas sucessivas de processamento, análise e interpretação: algoritmos de aprendizado de máquina que identificam padrões em séries históricas de dados climáticos; modelos preditivos que antecipam cenários de risco com horas ou dias de antecedência; sistemas de alerta precoce que mobilizam respostas antes que os eventos extremos se materializem em sua intensidade máxima. Esta transição — da gestão reativa para a gestão preditiva — é o que distingue uma cidade que comprou equipamentos de uma cidade que desenvolveu inteligência climática.

A integração de IoT e IA otimiza a coleta e análise de dados, melhorando a gestão urbana e a governança territorial para cidades eficientes — mais inteligentes, sustentáveis e resilientes.

1.3 | Intersecção: Cidade Inteligente, Sustentabilidade e Resiliência

Os conceitos de cidade inteligente, cidade sustentável e cidade resiliente são frequentemente tratados como sinônimos ou como dimensões de um mesmo fenômeno. Esta simplificação, embora compreensível pela proximidade semântica dos termos, obscurece distinções analíticas importantes. Uma cidade pode ser tecnologicamente sofisticada — dotada de sensores, câmeras e plataformas de dados — sem ser sustentável em seus padrões de consumo energético e de recursos naturais. Pode ser sustentável em termos ambientais sem ter desenvolvido a capacidade de resposta rápida e coordenada que define a resiliência. E pode ser resiliente a determinados tipos de choque sem ter enfrentado os problemas estruturais de desigualdade e exclusão que definem a sustentabilidade social.

A contribuição mais significativa do paradigma das cidades inteligentes para o debate climático reside precisamente na possibilidade de articular estas três dimensões em um projeto urbano coerente. A tecnologia digital, quando incorporada a um planejamento estratégico de longo prazo e a uma governança participativa e democrática, potencializa a capacidade das cidades de tornarem-se simultaneamente mais eficientes, mais sustentáveis e mais resilientes. Não se trata de uma equação automática — a tecnologia, em si mesma, não produz sustentabilidade nem resiliência — mas de um habilitador poderoso de transformações que dependem, em última análise, de escolhas políticas, institucionais e culturais.

A combinação de tecnologia, sustentabilidade e planejamento torna cidades inteligentes adaptativas, resilientes e capazes de promover desenvolvimento responsável — ambiental, econômico e social.

1.4 | Municípios de Todos os Portes como Protagonistas da Mudança

Um dos equívocos mais persistentes no debate sobre cidades inteligentes e gestão climática é a suposição de que estas agendas são privilégio das grandes metrópoles com orçamentos robustos e capacidades técnicas especializadas. A experiência prática contradiz esta suposição de forma eloquente. Municípios de pequeno e médio porte em todo o Brasil têm demonstrado que é possível implementar soluções inovadoras de monitoramento, alerta e resposta climática com recursos modestos, desde que haja planejamento estratégico consistente, liderança política comprometida e capacidade técnica para acessar os mecanismos de financiamento disponíveis.

O determinante mais importante da capacidade de um município de enfrentar a crise climática não é o tamanho de sua população nem o volume de seu orçamento — é a qualidade de sua governança. Um município bem governado, com Plano Diretor atualizado, PPA coerente com as prioridades climáticas, equipes técnicas capacitadas e canais de participação cidadã ativos, tem condições de construir resiliência climática progressiva, mesmo que seus recursos financeiros sejam limitados. A graduação não é de tamanho, mas de maturidade institucional.

2 | Cidade Inteligente e Infraestrutura Digital Integrada

2.1 | Conceito Ampliado de Cidade Inteligente e Sistemas Urbanos

A evolução do conceito de cidade inteligente ao longo das últimas duas décadas revela uma trajetória de crescente complexidade e amadurecimento. As primeiras formulações, predominantes no início dos anos 2000, tendiam a reduzir a cidade inteligente a um conjunto de infraestruturas tecnológicas — sensores, câmeras, redes de alta velocidade — que tornariam a gestão urbana mais eficiente por meio da automação e da coleta de dados. Esta visão tecnocêntrica, amplamente criticada na literatura especializada, subestimava as dimensões políticas, sociais e culturais do governo urbano e produzia projetos de alto custo com impacto limitado sobre a qualidade de vida dos cidadãos.

A formulação contemporânea, que informa tanto a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (MDR, 2020) quanto os documentos de política do Banco Mundial e do BID, situa a tecnologia como meio e não como fim. A cidade inteligente é, nesta

perspectiva, aquela que utiliza dados, tecnologias e redes digitais para aprimorar sua capacidade de planejar, gerenciar e prestar serviços de forma mais eficiente, equitativa e sustentável — mas que o faz dentro de um projeto político explícito de desenvolvimento urbano inclusivo e democrático. A inteligência, neste sentido, é um atributo do sistema de governança urbana como um todo, e não apenas de seus componentes tecnológicos.

No contexto da gestão climática, esta distinção é especialmente relevante. Dotar uma cidade de sensores de nível d'água sem desenvolver a capacidade institucional de interpretar seus dados e acionar respostas adequadas é um investimento de baixo retorno. Construir um sistema de alerta meteorológico sofisticado sem garantir que seus avisos cheguem às populações mais vulneráveis — que frequentemente têm acesso limitado a smartphones e internet — é replicar, no campo da tecnologia climática, a exclusão que caracteriza tantos outros domínios da vida urbana.

2.2 | Tecnologias Aplicadas à Gestão Climática Urbana

As tecnologias digitais aplicáveis à gestão climática urbana podem ser organizadas em seis grandes famílias funcionais, cada uma com papéis específicos na arquitetura de resiliência de uma cidade. As tecnologias de sensoriamento e monitoramento ambiental — estações meteorológicas automáticas, sensores de qualidade do ar e da água, pluviômetros eletrônicos, sensores de nível hidrométrico e de vibração do solo — constituem a camada de percepção do sistema, captando em tempo real as variáveis ambientais críticas para a gestão de riscos.

As tecnologias de conectividade e redes urbanas — redes 5G, redes LPWAN (Low-Power Wide Area Network), redes de comunicação de emergência e infraestruturas de fibra óptica — garantem o fluxo contínuo dos dados produzidos pelos sensores até as plataformas de processamento e análise. A resiliência das redes durante eventos extremos é um requisito crítico. Os sistemas de monitoramento que deixam de funcionar justamente quando mais é necessário, durante enchentes por exemplo, quando a infraestrutura convencional pode ser comprometida, tem valor limitado como instrumento de gestão de riscos.

As tecnologias de inteligência artificial e análise preditiva constituem o coração cognitivo do sistema de gestão climática inteligente. Algoritmos de aprendizado de máquina treinados com séries históricas de dados climáticos e hidrológicos são capazes de identificar padrões que escapam à percepção humana, produzindo previsões de risco com níveis de precisão e antecedência que revolucionam a capacidade de resposta das cidades. Modelos preditivos de inundação, por exemplo, permitem a emissão de alertas com horas de antecedência, tempo que, bem aproveitado por protocolos de resposta, viabiliza a remoção preventiva de populações em risco.

2.3 | Integração das Redes Urbanas e Resiliência Sistêmica

A resiliência climática de uma cidade depende, em grande medida, da capacidade de seus diferentes sistemas de infraestrutura — mobilidade, energia, saneamento, comunicações, saúde — de funcionar de forma coordenada sob condições de estresse. Eventos climáticos extremos frequentemente provocam falhas em cascata. Uma

enchente que interrompe o fornecimento de energia elétrica pode comprometer simultaneamente os sistemas de bombeamento de água, as comunicações digitais e a capacidade operacional dos serviços de saúde e defesa civil. A gestão inteligente destas interdependências — por meio de plataformas que integram dados de múltiplos sistemas em um quadro analítico unificado — é um requisito central da resiliência urbana contemporânea.

A integração das redes urbanas de mobilidade, transporte público, energia, conectividade, logística e saneamento é, portanto, essencial para a resiliência climática. Do ponto de vista do projeto de infraestrutura, isso impõe exigências específicas: sistemas de energia redundantes para garantir a continuidade operacional de serviços críticos durante emergências; arquiteturas de comunicação que incluam canais alternativos de transmissão de dados quando a infraestrutura convencional for comprometida; e plataformas de gestão que sejam capazes de operar em modo degradado — com funcionalidades reduzidas, mas preservando as funções críticas — mesmo em condições adversas.

2.4 | Sensores Ambientais Urbanos: A Camada de Percepção

Os sensores ambientais urbanos são o elemento mais visível — e frequentemente mais subestimado — da infraestrutura de gestão climática inteligente. A função fundamental dos sensores é a produção contínua e sistemática de dados sobre o estado do ambiente urbano: temperatura do ar em diferentes pontos da cidade (essencial para o mapeamento de ilhas de calor); níveis de CO₂ e de material particulado (determinantes para a qualidade do ar e a saúde pública); precipitação pluviométrica em diferentes bacias hidrográficas; velocidade e direção dos ventos; nível d'água em rios, córregos e sistemas de drenagem; umidade do solo em áreas de risco de deslizamento; e radiação UV, entre muitas outras variáveis.

A decisão sobre onde instalar sensores, quais variáveis monitorar e como integrar os dados produzidos em plataformas analíticas é, em si mesma, uma decisão de planejamento estratégico que precede qualquer aquisição tecnológica. Um diagnóstico rigoroso das vulnerabilidades climáticas do território municipal — identificando as áreas de maior risco, as populações mais expostas e os eventos extremos historicamente mais frequentes — deve orientar a arquitetura do sistema de monitoramento. Sensores instalados sem este diagnóstico prévio produzem dados que não necessariamente respondem às perguntas mais relevantes para a gestão de riscos local.

2.5 | Edifícios Inteligentes como Nós da Rede Climática Urbana

Na arquitetura da cidade climática inteligente, cada edificação é um nó potencial da rede de monitoramento e resposta. Sistemas prediais integrados — gestão automatizada de energia, coleta e reutilização de água pluvial, monitoramento de qualidade do ar interno, sensores de temperatura e umidade, sistemas de comunicação de emergência — quando conectados à plataforma urbana, ampliam enormemente a granularidade e a precisão dos dados disponíveis para a gestão climática. Uma rede de edifícios públicos municipais equipados com sensores

padronizados e conectados pode constituir, a custo relativamente baixo, uma densa malha de monitoramento climático urbano.

A perspectiva de longo prazo aponta para a convergência entre as normas de eficiência energética e sustentabilidade das edificações — já em vigor em vários países e em processo de amadurecimento no Brasil — e os requisitos de conectividade e interoperabilidade que a cidade climática inteligente demanda. Para os engenheiros e arquitetos que projetam o ambiente construído contemporâneo, isso representa uma exigência crescente de conhecimento sobre infraestruturas digitais, protocolos de comunicação e sistemas de automação predial — conhecimentos que já deveriam integrar a formação básica das duas categorias.

3 | Transformação Digital e Sustentabilidade Climática

3.1 | Cidades como Protagonistas da Resiliência Ambiental

As cidades são responsáveis por parcela majoritária das emissões globais de gases de efeito estufa e concentram a maior parte da população exposta aos impactos das mudanças climáticas. Esta dupla condição — como agentes causadores e como vítimas preferenciais da crise climática — confere aos municípios um papel inescapável de protagonismo na transição para um modelo de desenvolvimento urbano de baixo carbono e alta resiliência. O Acordo de Paris (2015) reconheceu explicitamente o papel dos governos subnacionais — incluindo os municipais — como atores centrais da governança climática global, em um processo que ficou conhecido como multilevel governance ou governança climática multinível.

No Brasil, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009) e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012) estabelecem responsabilidades específicas para os municípios no enfrentamento das mudanças climáticas e na gestão de riscos de desastres. O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, oferece um marco estratégico que os municípios podem — e deveriam — incorporar aos seus instrumentos de planejamento local.

A articulação entre as políticas nacional, estadual e municipal é, neste campo, uma condição estrutural de eficácia. Eventos climáticos extremos não respeitam fronteiras municipais, e as respostas mais eficazes são invariavelmente intergovernamentais e intersetoriais.

3.2 | Mitigação e adaptação: duas frentes da política climática municipal

Mitigação e adaptação respondem a problemas distintos e exigem instrumentos distintos. A mitigação reduz as emissões de gases de efeito estufa e atua sobre as causas da mudança do clima, por meio de eficiência energética, mobilidade de baixo carbono, gestão de resíduos e ampliação da cobertura vegetal.

A adaptação reduz a vulnerabilidade dos territórios aos efeitos já em curso, por meio de drenagem, alerta precoce, proteção de encostas, arborização e planejamento do uso do solo. O monitoramento digital serve às duas frentes, mas as metas, os

indicadores e as fontes de financiamento de cada uma diferem, e o município que não as distingue tende a priorizar a adaptação emergencial e a postergar a mitigação.

3.3 | Monitoramento do Território: Sensores, Drones, Mapas e Alertas

O monitoramento territorial inteligente é o alicerce operacional da gestão climática proativa. A arquitetura do monitoramento combina múltiplas tecnologias em um sistema integrado de vigilância ambiental: sensores fixos de nível hidrométrico em rios, córregos e sistemas de drenagem; estações meteorológicas automáticas distribuídas pelo território municipal; câmeras de monitoramento em áreas de risco geológico e hidrológico; drones equipados com câmeras termais e sensores de umidade para inspeção de encostas e infraestruturas vulneráveis; sistemas de processamento de imagens de satélite para monitoramento de cobertura vegetal, uso do solo e temperatura superficial; e plataformas de integração que consolidam todos estes fluxos de dados em uma interface única de gestão.

A dimensão mais crítica deste sistema é sua capacidade de produzir alertas precoces confiáveis. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, opera uma rede nacional de monitoramento hidrológico e geológico da qual os municípios podem — e devem — se beneficiar, integrando seus sistemas locais às plataformas nacionais. A integração entre o monitoramento local e o monitoramento regional e nacional multiplica a capacidade de antecipação de eventos extremos e melhora significativamente a qualidade dos alertas emitidos às populações.

O uso combinado de equipamentos e tecnologias amplia a capacidade de prevenção, monitoramento, resposta e recuperação diante de eventos climáticos extremos, fortalecendo a resiliência das cidades e a segurança da população. Esta integração tecnológica, porém, só produz os resultados esperados quando está articulada com protocolos operacionais claros, equipes treinadas e canais de comunicação eficazes com a população.

3.4 | Planejamento Orientado por Dados Climáticos e Educação para a Resiliência

O planejamento municipal orientado por dados climáticos representa uma mudança de paradigma em relação à forma convencional de planejar o desenvolvimento urbano. Historicamente, o planejamento urbano brasileiro tendeu a ser normativo — estabelecendo regras de uso e ocupação do solo sem levar em conta de forma sistemática as vulnerabilidades climáticas dos territórios. O resultado desta lacuna é visível na proliferação de loteamentos em áreas de risco, na impermeabilização de fundos de vale, na supressão de matas ciliares e na canalização de cursos d'água que hoje se revelam fontes recorrentes de tragédias.

A incorporação de dados climáticos — mapas de risco geológico, estudos hidrológicos, modelagens de inundação, análises de vulnerabilidade à seca e ao calor — ao processo de revisão e atualização dos Planos Diretores é, portanto, uma exigência técnica e ética que não pode ser postergada. A lei permite e, em muitos casos, exige esta incorporação. O Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001) inclui a gestão de riscos como um dos objetivos da política urbana, e a Lei 12.608/2012 determina que os municípios

incluam nos Planos Diretores as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos e inundações.

A educação climática — entendida como informação sobre os riscos e também como formação de cidadãos capazes de compreendê-los e agir diante deles — é o componente humano indispensável de qualquer estratégia de resiliência urbana. Pesquisas sobre comportamento em situações de desastre demonstram consistentemente que populações informadas e preparadas apresentam taxas de mortalidade e danos significativamente menores do que populações que, mesmo alertadas, não compreenderam o significado do alerta ou não souberam como reagir.

3.5 | Gestão de Riscos com IA, Sensores e Mapeamento de Vulnerabilidades

O mapeamento sistemático das vulnerabilidades climáticas do território municipal é o passo zero de qualquer política consistente de gestão de riscos. Este mapeamento combina informações geológicas, hidrológicas, topográficas e socioeconômicas para identificar: quais áreas estão expostas a quais tipos de evento extremo (enchentes, deslizamentos, ondas de calor, seca); qual é a magnitude esperada dos eventos em diferentes cenários de chuva e temperatura; quais populações estão expostas a cada tipo de risco; e quais são as capacidades de resposta disponíveis em cada área. O cruzamento entre exposição ao risco e vulnerabilidade socioeconômica produz os mapas de risco composto que devem orientar as prioridades de investimento em obras de proteção e nas estratégias de alerta e evacuação.

A inteligência artificial aplicada à gestão de riscos climáticos adiciona uma camada preditiva a este processo de mapeamento. Modelos de aprendizado de máquina treinados com séries históricas de dados de desastre são capazes de identificar as condições antecedentes — combinações específicas de precipitação acumulada, nível do lençol freático e saturação do solo — que precedem com alta probabilidade eventos de deslizamento ou inundação. Esta capacidade preditiva permite transformar o mapeamento estático de vulnerabilidades em um sistema dinâmico de gestão de riscos, que atualiza continuamente seus alertas em função das condições climáticas em tempo real.

3.6 | Soluções Baseadas na Natureza e Infraestrutura Verde

O paradigma da infraestrutura verde e das soluções baseadas na natureza (SbN) ganhou destaque crescente no campo do planejamento urbano e da gestão climática ao longo da última década. As SbN baseiam-se no princípio de que os ecossistemas naturais — quando preservados, restaurados ou estrategicamente implantados em contextos urbanos — prestam serviços de regulação climática e hidrológica que nenhuma obra de engenharia cinza consegue replicar com a mesma eficiência e ao mesmo custo. A restauração de matas ciliares retém sedimentos e regula o regime hidrológico de forma muito mais eficaz do que qualquer sistema de drenagem artificial. A criação de parques e áreas verdes reduz as ilhas de calor urbanas e melhora a qualidade do ar com custos de manutenção muito inferiores aos de sistemas de climatização artificiais.

As ações para permeabilização das cidades — exigências de permeabilidade mínima nos códigos de obras, incentivos fiscais para soluções permeáveis em calçadas e

estacionamentos, programas municipais de desimpermeabilização de espaços públicos, implantação de jardins de chuva e pavimentos permeáveis — são instrumentos de baixo custo e alto impacto na redução do risco de inundação. Cada metro quadrado de solo permeável recuperado em uma cidade reduz o volume de escoamento superficial que sobrecarrega os sistemas de drenagem durante eventos de chuva intensa.

Considerações finais

A gestão climática municipal começa pelo diagnóstico do território. O mapeamento das vulnerabilidades, a escolha dos sensores a partir dos riscos reais e a integração dos dados em plataformas analíticas dão à cidade a capacidade de antecipar eventos, e não apenas de reagir a eles.

A tecnologia amplia esta capacidade, mas não a substitui. Sensores sem equipe para interpretá-los, alertas que não alcançam as populações vulneráveis e sistemas sem manutenção reproduzem, no campo climático, a exclusão e a descontinuidade que marcam outros domínios da gestão pública. Mitigação e adaptação exigem metas e indicadores distintos, e a distinção orienta o monitoramento.

A cidade que aprende com as suas tragédias, documenta, planeja e age com continuidade constrói, a cada decisão, um futuro mais seguro para os seus habitantes. O clima não espera.

Declaração sobre o uso de inteligência artificial

A inteligência artificial generativa foi utilizada como ferramenta de apoio à organização das informações fornecidas para este artigo. O uso ocorreu como auxílio ao trabalho intelectual, sem substituir a análise dos documentos e das fontes. A seleção e a interpretação das informações, assim como a revisão e a responsabilidade pela versão final do texto, cabem ao autor. Ao final, a IA foi utilizada para a correção ortográfica e semântica do texto e também para gerar o resumo e as palavras-chave.

Referências

BRASIL. Lei Federal n.º 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Lei Federal n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Lei Federal n.º 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil — PNPDEC. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Carta Brasileira para Cidades Inteligentes. Brasília: MDR, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima — PNA. Brasília: MMA, 2016. 2 v.

CEMADEN — Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. *Municípios monitorados*. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/municipios-monitorados-2/>>. Acesso em: 4 out. 2026.

IBGE. *Censo Demográfico 2022: população e domicílios — primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IPCC. Sixth Assessment Report: Impacts, Adaptation and Vulnerability — Working Group II Contribution. Geneva: IPCC, 2022.

SANTOS, M. A Urbanização Brasileira. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2005.

UNFCCC. Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris, 2015.

Sobre o autor

Marcos Cordioli é consultor, empresário, pesquisador e palestrante brasileiro, mestre em Educação pela PUC-SP, com atuação nas áreas de educação, transformação digital, inovação, cidades inteligentes, economia de dados e inteligência artificial.

Foi Secretário de Inovação, Aceleração Econômica, Turismo e Comunicação de Maringá e Secretário de Cultura de Curitiba, além de Presidente da Fundação Cultural de Curitiba. Desde 2015, atua na modelagem de ecossistemas de inovação e startups, aproximando tecnologia, conhecimento, negócios e transformação institucional.

É cofounder da Apolus.ai, startup dedicada a transformar conhecimentos dispersos em ecossistemas de inteligência artificial, ampliando a capacidade de empresas e instituições de organizar, compartilhar e utilizar conhecimento como inteligência coletiva. É também vice-presidente da ACIM-Maringá.

Na área de tecnologia, pesquisa os processos econômicos e tecnológicos associados à economia de dados, estudando dados, conhecimento e inteligência artificial como elementos estruturantes da nova economia. Dedicase também ao estudo da transformação digital de cidades, com atenção ao uso sistêmico de IoT, dados, inteligência artificial, conectividade e plataformas digitais na construção de cidades inteligentes.

No campo da inteligência artificial, desenvolve duas frentes complementares. Na educação, conduz o projeto “Tecnologias de IA na Sala de Aula”, dedicado às possibilidades de utilização da inteligência artificial nos processos de ensino e aprendizagem, na formação de educadores e na gestão educacional. Nas empresas e instituições, atua na área de educação corporativa, pesquisando a gestão de conteúdos e conhecimentos como base para a construção de inteligência coletiva e para o desenvolvimento de novas soluções apoiadas por IA.

Marcos Cordioli também possui trajetória acadêmica na área de educação, tendo atuado como professor em cursos de graduação, especialização e mestrado, além de pesquisador, palestrante e consultor. Participou de eventos, pesquisas e projetos educacionais em todos os estados brasileiros e em diferentes países.

Contato: marcos.cordioli@gmail.com | (41) 99682 9123 | LinkedIn:
[linkedin.com/in/marcos-cordioli](https://www.linkedin.com/in/marcos-cordioli) | Instagram @marcoscordioli |
<https://linktr.ee/marcos.cordioli>