

Soluções Baseadas na Natureza para Mitigar o Calor Urbano: a Eficácia dos Corredores Verdes em Medellín, Colômbia

Nature-Based Solutions to Mitigate Urban Heat: The Efficacy of Green Corridors in Medellín, Colombia

Soluciones Basadas en la Naturaleza para Mitigar el Calor Urbano: la Eficacia de los Corridos Verdes en Medellín, Colombia

Leda Maria de Almeida Nelo

Mestranda, UNINOVE – CIS, SP, Brasil
Especialização, UNINOVE- CIS, SP, Brasil
Especialização, UNIFESP- AU, São Paulo, Brasil
Especialização, UNOPAR-GA, Paraná, Brasil
leda.nelo@uni9.edu.br

Leonardo Ferreira da Silva

Doutorando, Universidade Presbiteriana Mackenzie / FAU- SP, Brasil
leonardoferreira.Silva@mackenzista.com.br

Andreza Portella Ribeiro

Professora Doutora, UNINOVE, SP, Brasil
andrezp@uni9.pro.br

RESUMO

Este estudo aborda a influência das mudanças climáticas na dinâmica da paisagem urbana em Medellín e no Vale do Aburrá, destacando a vulnerabilidade da cidade a eventos climáticos extremos devido à escassez de recursos financeiros para implementar medidas eficazes de adaptação e mitigação. A topografia única da região, com um vale alongado, encostas e picos de colinas, influencia a qualidade paisagística e a presença da vegetação, mas também contribui para a formação de ilhas de calor urbano e aumento da poluição atmosférica. A análise realizada utilizando o método da deriva destaca a interação entre a topografia, a infraestrutura urbana e as respostas socioambientais locais, evidenciando a necessidade de compreender as respostas adaptativas das comunidades locais e a eficácia das estratégias de mitigação e adaptação diante das mudanças climáticas. Diante disso, o estudo ressalta a importância das Soluções Baseadas na Natureza (SBN) como uma das estratégias fundamentais para enfrentar as mudanças climáticas, destacando a relevância dos corredores verdes na promoção da sustentabilidade e melhoria da qualidade de vida urbana. O trabalho busca contribuir com informações que subsidiem a implementação de medidas adaptativas e de mitigação eficazes, levando em consideração a diversidade socioeconômica e a topografia variada da região.

PALAVRAS-CHAVE: Arborização Urbana. Corredores Verdes. Soluções Baseada na Natureza (SBN)

SUMMARY

This study addresses the influence of climate change on the dynamics of the urban landscape in Medellín and the Aburrá Valley, highlighting the city's vulnerability to extreme weather events due to a lack of financial resources to implement effective adaptation and mitigation measures. The unique topography of the region, with an elongated valley, slopes, and hilltops, influences the landscape quality and vegetation presence, but also contributes to the formation of urban heat islands and increased air pollution. The analysis conducted using the drift method emphasizes the interaction between topography, urban infrastructure, and local socio-environmental responses, highlighting the need to understand the adaptive responses of local communities and the effectiveness of mitigation and adaptation strategies in the face of climate change. Therefore, the study emphasizes the importance of Nature-Based Solutions (NBS) as one of the key strategies to address climate change, highlighting the relevance of green corridors in promoting sustainability and improving urban quality of life. The work aims to provide information to support the implementation of effective adaptive and mitigation measures, taking into account the region's socio-economic diversity and varied topography.

KEYWORDS: Urban Tree Planting. Green Corridors. Nature-Based Solutions (NBS)

RESUMEN

Este estudio aborda la influencia de los cambios climáticos en la dinámica del paisaje urbano en Medellín y en el Valle del Aburrá, resaltando la vulnerabilidad de la ciudad a eventos climáticos extremos debido a la escasez de recursos financieros para implementar medidas efectivas de adaptación y mitigación. La topografía única de la región, con un valle alargado, laderas y picos de colinas, influye en la calidad paisajística y la presencia de vegetación, pero también contribuye a la formación de islas de calor urbano y al aumento de la contaminación atmosférica. El análisis realizado utilizando el método de la deriva destaca la interacción entre la topografía, la infraestructura urbana y las respuestas socioambientales locales, evidenciando la necesidad de comprender las respuestas adaptativas de las comunidades locales y la eficacia de las estrategias de mitigación y adaptación frente a los cambios climáticos. En este sentido, el estudio resalta la importancia de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) como una de las estrategias fundamentales para enfrentar los cambios climáticos, resaltando la relevancia de los corredores verdes en la promoción de la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida urbana. El trabajo busca contribuir con información que respalde la implementación de medidas adaptativas y de mitigación efectivas, teniendo en cuenta la diversidad socioeconómica y la variada topografía de la región.

PALABRAS CLAVE: Forestación urbana. Corredores verdes. Soluciones basadas en la naturaleza (NBS)

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos mais prementes desafios que a humanidade enfrenta no século XXI, com repercussões particularmente severas nas áreas urbanas do Sul Global, onde os recursos financeiros para mitigar tais impactos são limitados. Em tal contexto, Medellín, uma cidade rica em diversidade social, cultural e morfológica, emerge como um cenário exemplar para examinar os efeitos extremos dessas transformações. A interação entre os elementos urbanos e naturais em Medellín revela-se de forma peculiar; contudo, a vulnerabilidade da cidade a eventos climáticos extremos é exacerbada pela escassez de capacidade financeira para implementar medidas eficazes de adaptação e mitigação (Santos *et al.* 2023; Alvares *et al.* 2014; Trenberth, 2011).

A topografia singular de Medellín, caracterizada por um vale alongado, encostas circundantes e picos de colinas, é crucial para sua qualidade paisagística. Esses elementos, juntamente com os padrões de drenagem dendríticos e padrões de drenagem radial, contribuem significativamente para a presença e diversidade da vegetação na cidade (RESTREPO, 2007). No entanto, mesmo nesta cidade, os impactos adversos das mudanças climáticas já são perceptíveis. A formação de ilhas de calor urbano e o aumento da poluição atmosférica têm comprometido tanto a qualidade de vida da população quanto a sustentabilidade local (Zerbinato *et al.* 2021).

De acordo com a IQAir, uma empresa suíça que monitora a qualidade do ar globalmente, os níveis anuais de material particulado fino (MP2,5) em Medellín excedem três vezes o limite de segurança estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que recomenda uma média máxima de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ao longo do ano. Apesar disso, Medellín não apresenta os piores níveis de MP2,5 na América do Sul, mas está acima de capitais como Bogotá e São Paulo (Orlandoni-Merli, Ramoni-Perazzi, & Pulido, 2021). A concentração média de MP na RMSP em 2022 foi de 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (CETESB, 2022), em Medellín 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e em Bogotá 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (IQAir, 2022).

A acumulação de evidências ao longo das últimas décadas sustenta firmemente a constatação de que as mudanças climáticas estão atualmente em andamento, deixando um impacto significativo em escala global. A convergência de dados provenientes de diversas disciplinas científicas, como climatologia, oceanografia e ecologia, fornece uma compreensão abrangente dos efeitos adversos que estão se manifestando no mundo (Ferretti *et al.* 2024; Corete, 2023)

As tendências observadas em indicadores climáticos fundamentais, como o aumento das temperaturas médias globais, o derretimento acelerado das calotas polares e dos glaciares, e a ocorrência mais frequente e intensa de eventos climáticos extremos, confirmam que as mudanças climáticas já estão em curso. Esses fenômenos não são meramente teóricos, mas representam desafios concretos que exigem ação imediata (Costanza *et al.* 2014).

A International Union for Conservation of Nature (IUCN) destaca as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) como a principal estratégia para enfrentar as mudanças climáticas. As SBN são ações inspiradas e respaldadas pela natureza, que promovem benefícios ambientais, sociais e econômicos, contribuindo para a construção de sistemas resilientes. Esse conceito está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS (Ferreira; Ribeiro, 2020).

A importância dos corredores verdes reside na perspectiva de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e promover a sustentabilidade das cidades. Os corredores desempenham papéis ecológicos, sociais e econômicos fundamentais, ao estimular a conservação da biodiversidade, fomentar a educação ambiental e proporcionar empregos e benefícios econômicos (Buckeridge, 2015). No entanto, sua implementação é um processo complexo que requer um planejamento cuidadoso, levando em consideração o design do corredor, a seleção de plantas, a criação de trilhas e outros elementos adicionais (Jacobi, 2000).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo examinar como as transformações climáticas influenciam a dinâmica da paisagem urbana em Medellín e no Vale do Aburrá, empregando o método da deriva para analisar as interações entre a topografia, a infraestrutura urbana e as respostas socioambientais locais, com intuito de contribuir com informações que auxiliem na compreensão às respostas adaptativas das comunidades locais e a eficácia das estratégias de mitigação e adaptação, considerando a influência direta da topografia variada e da diversidade socioeconômica na exposição das populações a eventos climáticos extremos.

2. Vulnerabilidade Urbana às Mudanças Climáticas no Sul Global

A urbanização crescente, especialmente nos países do Sul Global, tem sido acompanhada por um aumento na vulnerabilidade das áreas urbanas às mudanças climáticas. Este fenômeno é potencializado pela escassez de recursos financeiros disponíveis para a adaptação climática, representando um desafio significativo para o desenvolvimento sustentável e a resiliência urbana (IPCC, 2019).

As áreas urbanas nos países do Sul Global enfrentam severos desafios em relação às mudanças climáticas devido a uma série de fatores interligados. Historicamente, a urbanização nessas regiões foi influenciada pelos interesses do capital imobiliário, da indústria automobilística e dos lobbys de grandes empresas, resultando em um desenvolvimento urbano caótico e inadequado. Isso levou à concentração de população em áreas de risco, como encostas íngremes, margens de rios e zonas costeiras suscetíveis a inundações e tempestades. Essas condições tornam as cidades do Sul Global particularmente vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, incluindo o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (Corbusier, 2023; Santos, 2006).

Neste sentido, a falta de investimento em adaptação climática pode ter consequências devastadoras para as áreas urbanas do Sul Global. Por exemplo, a incapacidade de fortalecer com recursos próprios as infraestruturas críticas, como sistemas de água e saneamento, faz com que esses países tenham que recorrer a empréstimos internacionais, aumentando suas dívidas (Alawneh e Rashid, 2022; Anelli, 2020).

Contudo, obter acesso a esses créditos não é uma tarefa fácil ou ágil, uma vez que exigem a apresentação de garantias e contrapartidas. Além disso, os montantes dos empréstimos muitas vezes não são suficientes para resolver todos os problemas de uma só vez. Esse cenário pode intensificar a propagação de doenças transmitidas pela água durante eventos climáticos extremos, resultando em crises de saúde pública. Adicionalmente, a destruição de habitações precárias e a interrupção de serviços básicos podem desencadear deslocamentos em

massa, agravando ainda mais os problemas de pobreza e desigualdade urbana (Rufino, 2023; Cavé *et al.* 2014).

2.1 Ilhas de Calor Urbanas

As ilhas de calor são áreas urbanas onde a temperatura média é significativamente mais alta do que nas áreas rurais circundantes. Elas são causadas principalmente pela substituição de áreas naturais por superfícies urbanizadas, como concreto, asfalto e edifícios, que absorvem e retêm o calor solar. Esse fenômeno é agravado pela atividade humana, como a geração de calor por veículos, indústrias e sistemas de ar condicionado. As ilhas de calor podem resultar em condições climáticas desconfortáveis, aumento dos custos de energia para resfriamento e impactos negativos na saúde pública, como o estresse térmico e a poluição do ar (Cavalcante, *et al.* 2020).

A implementação de estratégias destinadas a mitigar os impactos das ilhas de calor é fundamental para lidar com os desafios do aumento da temperatura nas áreas urbanas e para aprimorar a qualidade de vida dos habitantes das cidades. Uma dessas estratégias essenciais é o aumento da cobertura vegetal, que desempenha um papel crucial na redução da temperatura local ao facilitar a evaporação da água, proporcionar sombra e criar microclimas mais frescos. Além disso, a vegetação contribui para melhorar a qualidade do ar, filtrando poluentes e aumentando a umidade atmosférica (Ribeiro *et al.* 2021).

O uso de materiais urbanos que refletem mais a luz solar também é uma abordagem importante para reduzir a absorção de calor nas superfícies urbanas. Materiais como pinturas refletivas para telhados, pavimentos permeáveis e revestimentos de fachadas com propriedades refletivas podem contribuir significativamente para diminuir a temperatura das superfícies e, conseqüentemente, do ar circundante. Essa medida não apenas ajuda a mitigar os efeitos das ilhas de calor, mas também pode reduzir a demanda por energia para refrigeração em edifícios, resultando em economia de custos (Ribeiro *et al.* 2021; Cavalcante *et al.* 2020).

2.2 Soluções Baseadas na Natureza (SBN)

Diversas cidades, ao redor do mundo, têm adotado as SBN para enfrentar desafios específicos. Em Nova York, desde 2016, estão sendo implementados projetos de restauração de manguezais, recifes de coral e pântanos costeiros para proteger as comunidades costeiras contra tempestades, erosão e inundações. Denominado "Oyster Project", o objetivo do projeto é restaurar a população de ostras para melhorar a qualidade da água e reduzir o impacto das ondas (Grizzle *et al.* 2023).

No Brasil, o projeto "Rio de Janeiro Mais Verde" prioriza a expansão de áreas verdes e a recuperação de ecossistemas costeiros para proteger a cidade contra deslizamentos e inundações (Knight, 2024).

Cingapura se destaca por suas iniciativas voltadas para a transformação da cidade em um grande jardim. Em 2009, o Urban Redevelopment Authority (URA), responsável pelo planejamento urbano, desenvolveu o Programa de Paisagismo para Espaços Urbanos e Arranha-céus (LUSH, na sigla em inglês). Além disso, Cingapura é reconhecida como um exemplo notável

de gestão urbana sustentável, graças às suas abordagens inovadoras para lidar com desafios como enchentes e ilhas de calor (Han, 2017).

Em 2009, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP15), realizada em Copenhague, a cidade se destacou como um epicentro global de discussões sobre a urgência das questões climáticas. Esse evento catalisou a percepção da necessidade urgente de ações concretas para enfrentar as mudanças climáticas.

Após a COP15, Copenhague intensificou seus esforços para se tornar uma cidade mais verde e resiliente, adotando as SBN. Entre 2010 e 2015, a cidade implementou uma série de iniciativas ambiciosas centradas na infraestrutura verde. Parques urbanos como o Parque Superkilen, inaugurado em 2012, foram concebidos não apenas como espaços de lazer, mas também como áreas para promover a biodiversidade, capturar carbono e criar um ambiente mais saudável para os cidadãos (Maurer *et al.* 2023).

A trajetória de Copenhague rumo à sustentabilidade e resiliência climática culminou com o lançamento, em 2019, do Plano de Clima 2025, que enfatiza o uso de SBN para alcançar metas específicas de redução de emissões de carbono e fortalecimento da capacidade da cidade para enfrentar os impactos adversos das mudanças climáticas (Maurer *et al.* 2023).

Em Medellín, a aplicação de SBN é destacada pelo Projeto "Corredores Verdes" implantado em 2016, em resposta às preocupações crescentes com a poluição do ar e o aumento das temperaturas. O programa abrange mais de 30 corredores verdes, conectando calçadas de ruas recentemente arborizadas, jardins verticais, cursos d'água, parques e morros próximos. Essa iniciativa promove a biodiversidade e também proporciona espaços verdes para lazer, exercício e interação social, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. O programa é coordenado pela prefeitura de Medellín, em colaboração com organizações não governamentais locais e comunidades participantes (Suescún-Espinal, 2020; Echeverri e Orsini, 2010).

A adoção global de SBN por diversas cidades para enfrentar desafios urbanos e climáticos evidencia como essas iniciativas podem fomentar o bem-estar dos cidadãos fortalecer a resiliência das comunidades urbanas (Ferreira & Ribeiro, 2020).

3 METODOLOGIA

O estudo apresenta uma abordagem qualitativa e exploratória, que contextualiza o objeto de estudo, fundamentada em revisão bibliográfica, a partir de uma busca nas bases de dados indexadas das coleções Web of Science e Scopus utilizando a *string* de busca ('climate change' AND Medellín AND 'urban vulnerability' AND 'atmospheric pollution' AND 'adaptation and mitigation'), foram selecionados artigos publicados entre os anos de 2010 e 2024, além de livros e outros artigos de relevância e que possuem relação ao objeto de estudo da pesquisa (Ribeiro-Fernandes, 2020; Cooper e Schindler, 2004). Como critério de seleção, optou-se por ordenar os trabalhos mais citados, resultando em uma revisão da literatura estruturada. A abordagem da pesquisa foi qualitativa, com ênfase na interpretação dos dados primários obtidos por meio de visitas a campo e como estudo de caso foi escolhido o "Projeto de Corredores Verdes de Medellín" (Yin, 2010), utilizando o método da deriva (Jacques, 2003; LYNCH, 1960), que se trata de uma abordagem exploratória que envolve o ato de vagar sem um

objetivo específico através de um ambiente urbano, permitindo que os participantes observem e registrem livremente os detalhes e padrões do espaço.

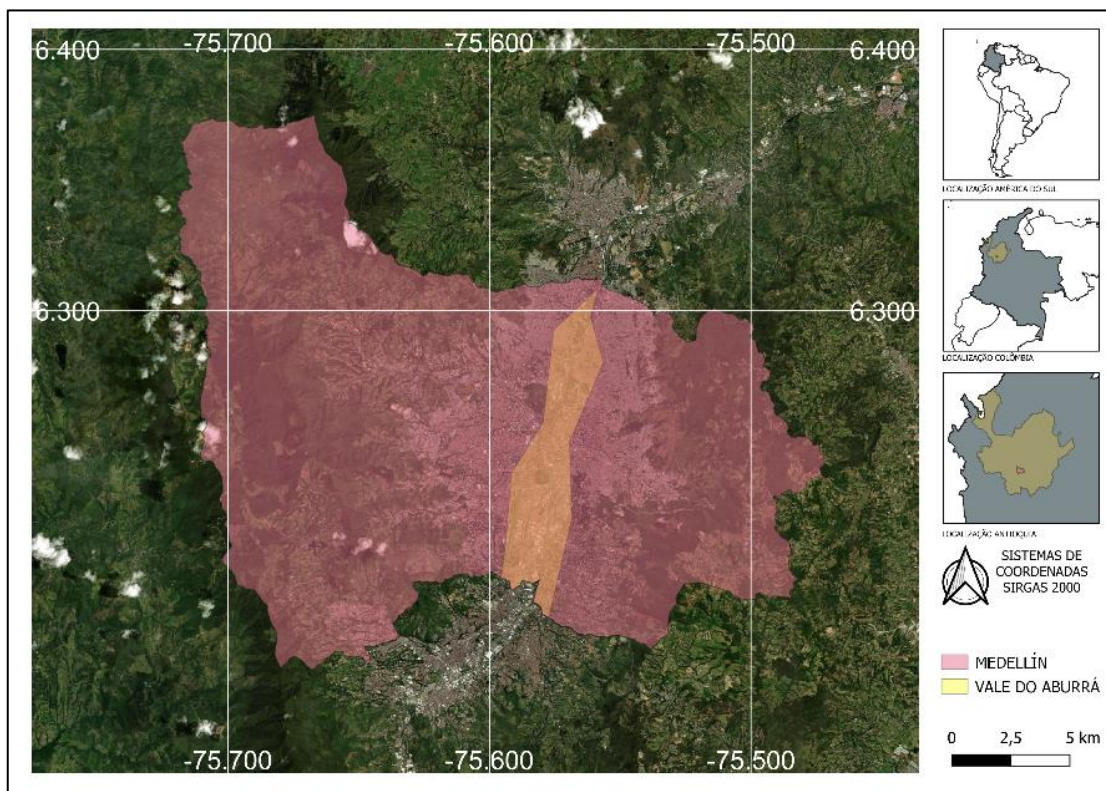
Originado na psicogeografia e associado ao movimento situacionista, método da deriva tem foco à experiência subjetiva do ambiente e busca revelar as complexidades e características ocultas de uma paisagem urbana (Krajina, 2016; Jacques, 2003; Mazzotti e Gewandsznajder, 2000).

No presente estudo, o método da deriva foi utilizado nas visitas realizadas entre os dias 17 a 26 de junho de 2023, na cidade de Medellín, Província de Antioquia, na Colômbia. Os dados sobre a paisagem foram coletados sob a perspectiva de experiências sensoriais adquiridas ao longo do percurso. Durante esse processo, as impressões, emoções e sensações captadas pelos sentidos humanos foram consideradas, proporcionando *insights* sobre o ambiente estudado (Goldenberg, 2011; Jacques, 2003).

3.1. Medellín: aspectos físicos

Medellín é a capital da província de Antioquia, localizada no Noroeste da Colômbia, um país, na Cordilheira Central dos Andes. A cidade fica a 1.495 metros de altitude, acima do nível do mar, nas coordenadas 6°14'41"N75°34'29"W. Com clima temperado e úmido, a temperatura média da cidade é de 24 °C, durante todo o ano e ventos suaves e constantes (Figura 1).

Figura 1: Localização de Medellín, Colômbia.



Fonte: Elaborado pelos autores

Trata-se da segunda maior cidade da Colômbia e a 12ª Região Metropolitana mais populosa da América do Sul. Com cerca de 2.700.702 habitantes (DANE, 2020), dos quais, 2.611.104 (DANE, 2020) residem em área urbana, com densidade de 6.643,39 hab/km² (DANE, 2020). Com formato alongado, apresenta um alargamento em sua parte central, que se estende por 10 km.

O distrito de Medellín faz parte do Vale do Aburrá que tem 1.152 km², é totalmente urbanizado em sua parte plana (Franco, 2014). A área da cidade está na bacia do rio Medellín, que divide o vale do Aburrá, sendo irrigada por aproximadamente 200 afluentes diretos e mais de 350 indiretos, sendo seus cursos de água mais importantes Santa Helena, La Iguaná e La Presidenta (Echeverri & Orsini, 2010).

Ao longo dos anos, os riachos e o rio Medellín se tornaram esgotos a céu aberto, e atualmente estão em processo de despoluição. Considerando toda a complexidade natural da localização, em 1980 foi criada a Área Metropolitana do Vale do Aburrá (AMVA), que começou a operar de forma integrada e inclusiva com todas as cidades em 2000. Atualmente, a AMVA é a agência responsável pelo planejamento e gestão de todos os componentes naturais do vale, como sistemas hídricos e orográficos e áreas públicas ambientais. Descentralizada, a AMVA é constituída por uma equipe técnica focada no desenvolvimento de projetos e é gerenciada pelos prefeitos das cidades da área metropolitana, sendo o prefeito de Medellín aquele com maior poder de decisão (Antonucci & Bueno, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Um Passeio por Medellín sob o olhar do observador

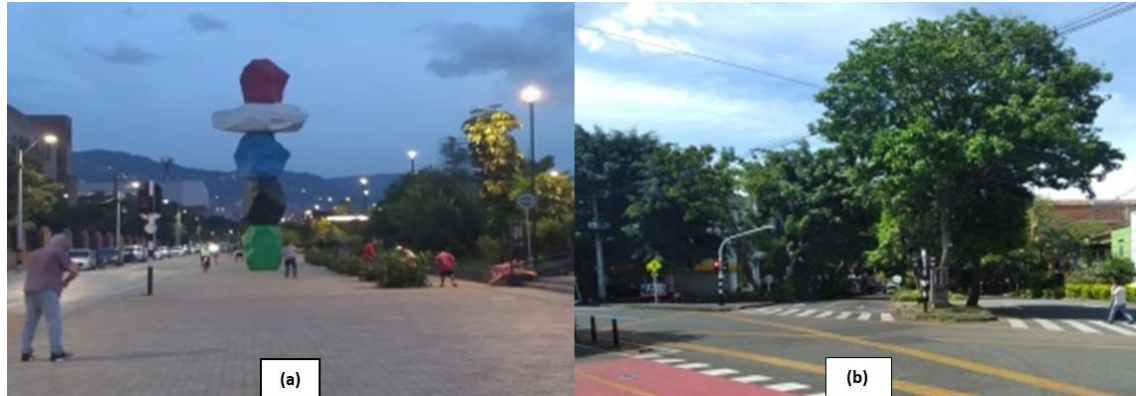
Os dados coletados entre os dias 17 e 26 de junho de 2023, na cidade de Medellín, Província de Antioquia, na Colômbia, considerando a perspectiva do método deriva (Jacques, 2003), abarcam uma gama de sensoriais e observações empíricas, que integram as nuances percebidas durante a visita de campo. Isso é feito a partir da análise de registros fotográficos e de estudos prévios na mesma área (Sierra & Caparros, 2022; Ortiz-Agudelo, 2014; Goldenberg, 2011). As impressões, emoções e sensações captadas pelos sentidos humanos desempenham um papel crucial, fornecendo insights sobre o ambiente estudado (Ferretti *et al.* 2024).

À vista aérea da cidade de Medellín, a partir do Parque Natural Cerro El Volador, permite ver as extensas manchas verdes da arborização que formam os corredores verdes locais. A Área Metropolitana do Vale do Aburrá, como órgão regulador do espaço público verde na cidade de Medellín e municípios próximos, promove processos de planejamento do espaço público em conjunto com os municípios, a partir de uma perspectiva ecossistêmica, na qual a vegetação é um eixo articulador da paisagem urbana (Ortiz-Agudelo, 2014). As Figuras 3, 4 e 5 apresentam algumas imagens, com o intuito de auxiliar o leitor a vislumbrar algumas sensações vivenciadas pelo observador durante o passeio por Medellín.

Na observação da movimentação pedestre entre vegetações e árvores, especialmente em ambientes verdes integrados aos parques, destaca-se a notável configuração da paisagem (Figura 2a). A Avenida Bolivariana se distingue pela formação de um túnel verde entre as copas das árvores (Figura 2b). No Parque Belén, a presença de uma ilha verde entre faixas viárias delimita uma paisagem arborizada que se estende até as copas das árvores, visíveis das edificações (Figura 3a). Do ponto mais elevado do Parque Natural Cerro El Volador, são visíveis

os amplos corredores verdes delineados pelas copas das árvores, oferecendo um espetáculo singular de beleza (Figura 3b).

Figura 2: (a) Parque Linear del Río Medellín; (b) Av. Bolivariana.



Fonte: Acervo dos autores.

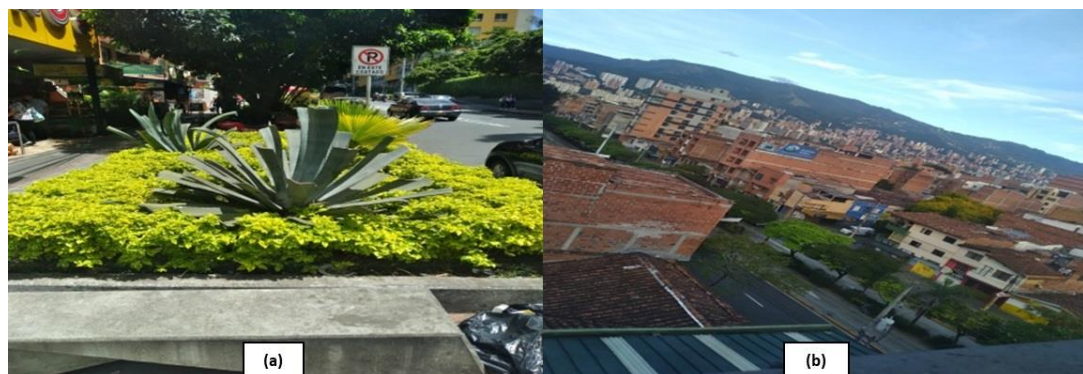
Figura 3: (a) Corredor verde visto da cobertura de uma Edificação no bairro Parque Belén; (b) Vista de Medellín do Parque Natural Cerro El Volador.



Fonte: Acervo dos autores.

Na Calle 30A, a paisagem se transforma em uma profusão de árvores e jardins de chuva envoltos por uma diversidade vegetal, destacando-se pela abundância de folhagens (Figura 4a). A riqueza da vegetação presente nessa região contrasta fortemente com os trechos da Calle 30, onde é notável a escassez de vegetação e a menor densidade arbórea (Figura 4b).

Figura 4: (a) Calle 30A; (b) Calle 30.



Fonte: Acervo dos autores.

Essa diferença na paisagem entre as duas áreas induz a uma reflexão sobre a percepção do observador e sua sensação ao se deparar com cenários tão contrastantes. Enquanto na Calle 30A a presença de uma vegetação exuberante pode despertar sensações de tranquilidade, frescor e beleza natural, nos trechos da Calle 30 a ausência de vegetação pode causar uma sensação de aridez, monotonia e até mesmo desolação.

O cenário nos convida a refletir sobre a importância da preservação e valorização da vegetação urbana, e como a presença ou ausência de elementos naturais pode influenciar nossa percepção do ambiente ao nosso redor. A comparação entre as ruas nos lembra a importância dos espaços verdes nas áreas urbanas, não apenas por questões estéticas, mas também pelo bem-estar e qualidade de vida da população.

4.2 Medellín na Perspectiva da Adaptação às Questões Climáticas

Nos anos 1990, a cidade de Medellín era conhecida por sua alta taxa de violência, com uma média de 7 mil homicídios anuais devido ao crime organizado e conflitos armados intensos. As tentativas policiais de conter os confrontos eram frequentes, porém sem sucesso, levando a cidade a um estado de emergência.

No início do novo milênio, a cidade passou por uma transformação impulsionada por administradores públicos, sociedade civil e grupos empresariais, que implementaram o Urbanismo Social para enfrentar as complexidades territoriais e socioculturais crescimento urbano acelerado, que resultou na formação de ilhas de calor prejudicando o conforto térmico e bem-estar da população. Essa abordagem resultou na consolidação de um novo modelo urbano, reconhecido internacionalmente pelos prêmios conquistados por Medellín.

As mudanças nas políticas públicas da cidade foram fundamentais para o desenvolvimento de projetos urbanos sustentáveis, como os corredores verdes. Normativas de política social e urbana surgiram nos anos 1990, visando o direito à cidade e melhoramento integral de bairros, além do primeiro *Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín*, que possibilitou orientar o desenvolvimento da cidade de forma participativa e equilibrada com o meio ambiente.

Em 2016, um projeto voltado à implantação de corredores verdes teve início em Medellín, visando reduzir a temperatura urbana e melhorar a qualidade ambiental. O apoio da população foi crucial para o sucesso desses projetos, que também geraram empregos e renda para a região.

A cidade de Medellín enfrenta desafios crescentes devido às alterações climáticas, exigindo a união e esforços de todos para superá-los. Nesse sentido, a população tem apoiado iniciativas verdes e sustentáveis para a cidade, visando mitigar os efeitos das mudanças climáticas na paisagem urbana. A valorização da vegetação arbórea em ruas e avenidas tem sido essencial para a paisagem, o ambiente social e ambiental da cidade (Restrepo-Betancur *et al.* 2019; Silva *et al.* 2011).

4.3 O Projeto Corredores Verdes de Medellín

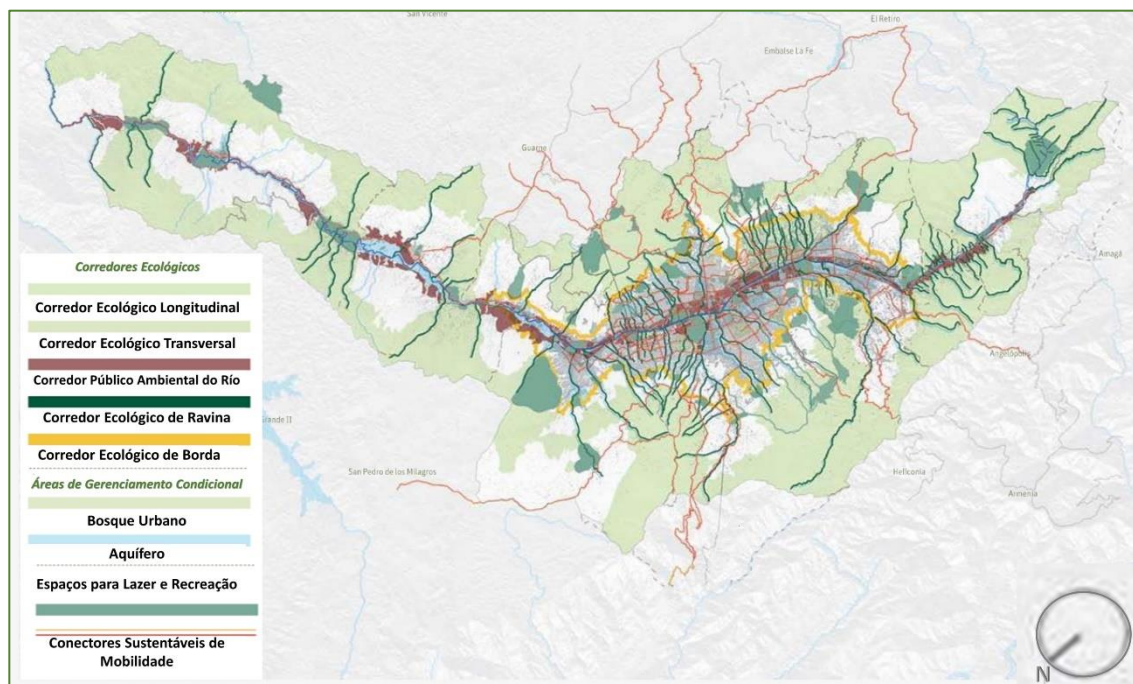
Os corredores verdes de Medellín foram implantados para desempenhar um paradigma de sustentabilidade em todos os aspectos, e ao eixo de conectividade entre todas as áreas verdes da cidade. Com início em 2016, o projeto executou o plantio de 120 mil plantas individuais e 12,5 mil árvores em ruas e parques, no qual, parte do piso impermeável dessas áreas, foram substituídos pelas árvores e pisos macios. Ao término de cinco anos, foram plantadas 2,5 milhões de plantas de pequeno porte, vegetação rasteira e 880 mil árvores em toda a cidade (Antonucci e Bueno, 2018; Restrepo-Betancur *et al.* 2019).

Desta forma, constituem-se em diversos tipos de vegetação, formando trilhas para caminhadas, espaços de lazer, incluindo equipamentos e mobiliário urbano sustentável, com iluminação eficiente, onde as copas das árvores fazem as sombras. As soluções verdes propostas são muito variadas, desde o plantio de árvores, a aplicação da metodologia de construção LEED, a implantação de telhados verdes e coberturas verdes, até a construção de corredores verdes que têm um impacto positivo no bem-estar das pessoas (Alves, 1992).

No Distrito de Medellín, em uma extensão de 38 quilômetros, foram construídos 30 corredores verdes, sendo que, 18 deles viários e 12 hidroviários. Com objetivo de resgatar melhorias ambientais e promover à sadia qualidade de vida a população. No conceito do engenheiro florestal Mauricio Jaramillo Vásquez, os corredores verdes das estradas têm uma tendência marcante de diminuir a temperatura, resfriar e dar beleza à paisagem (Suescún-Espinal, 2020). Na questão viária, não houve redução das faixas veiculares nos perímetros que envolvem os corredores verdes. Além de interligar as avenidas e ruas, os parques têm a função de fazer junção com as áreas verdes local.

Na Figura 5, apresenta-se a proposta estruturante dos corredores verdes de Medellín, segundo seu plano diretor (Alcaldía-de-Medellín, 2011).

Figura 5: Corredores ecológicos estruturantes do Vale de Aburrá.



Fonte: Alcaldía de Medellín (2011).

Os “corredores longitudinais” são eixos ao longo da encosta do rio, compostos principalmente por propriedades privadas com cobertura florestal, que servem como corredores para áreas de proteção ambiental. Os “corredores transversais” conectam áreas de conservação ao longo do vale por meio de eixos transversais. Esses corredores representam os diversos micro ecossistemas do vale e incluem espaços para restauração da vegetação, conectividade ecológica e serviços ambientais, além de conter a expansão urbana. Os corredores públicos visam a integração na rede dos espaços urbanos e ambientais, no curso do rio, como forma de garantir o equilíbrio e a recuperação do sistema biótico da cidade. Os “corredores de ravina” atuam como elo entre o corpo d’água, a vida urbana e a área superior da bacia hidrográfica. Ele promove um modelo de convivência harmoniosa entre ocupação humana, conservação ambiental, manutenção da cobertura vegetal para preservação da qualidade da água e aproveitamento das oportunidades paisagísticas e recreativas das áreas de vale. As “áreas de borda” são estratégia de ocupação ativa preventiva para novos assentamentos em áreas de risco. Devem incluir arborização leve, pouco densa e espaços produtivos, locais para o aproveitamento de resíduos orgânicos, enriquecimento vegetal nas nascentes e áreas de preservação das quebradas, trilhas, infraestrutura recreativa e equipamentos públicos (Alcaldía-de-Medellín, 2011).

Na Avaliação de Juan Bello, diretor do escritório das Organizações das Nações Unidas Meio Ambiente na Colômbia, esta é uma proposta que tem cunho da natureza, é um projeto urbano inteligente, cujo monitoramento será fundamental para demonstrar os tantos benefícios mesmo ao longo do tempo (DANE, 2020; Echeverri e Orsini, 2010).

Em Medellín, as variações de temperatura ocorrem principalmente entre o dia e a noite. De acordo com os registros da estação climatológica do Aeroporto Olaya Herrera, a temperatura média anual é de 22,1 a 24,0°C e a mínima média anual é de 17,2 °C .

Com a intensificação da urbanização e dos eventos climáticos, entre os anos de 1940 e 2012, a Região Metropolitana do Vale Aburrá tem experimentado um aumento médio da temperatura em mais de 2 °C, por década (Orlandoni-Merli, Ramoni-Perazzi, & Pulido, 2021).

Com a implantação dos corredores verdes, a temperatura de toda Medellín foi reduzida em 2 °C; em alguns pontos, inclusive, a redução foi maior, chegando a 3 °C. Para Lira-Filho (2002), ainda que o clima de uma determinada região não possa ser alterado, há potencial para alterações do microclima. É nesse papel regulador que a arborização se encaixa, pois tem capacidade para influenciar dois fatores fundamentais, dentro do perímetro urbano: (1) na evapotranspiração - tipo de transpiração relacionada ao regulamento da temperatura e da umidade e (2) no sombreamento (Zerbinato *et al.* 2021).

Os corredores verdes de Medellín têm sido reconhecidos mundialmente pelos resultados positivos em relação ao resfriamento da cidade, melhoria da qualidade do ar e retorno da vida silvestre para a zona urbana. A importância das árvores urbanas é reconhecida como um eixo essencial da estrutura ecológica da cidade, garantindo a continuidade dos processos ecológicos e prestação de serviços à comunidade (Kogia e Papafotiou, 2020).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interação entre elementos urbanos e naturais em Medellín revela-se crucial para entender os efeitos extremos das transformações climáticas na cidade. A pesquisa destaca a

importância das Soluções Baseadas na Natureza (SBN), exemplificadas pelo projeto de Corredores Verdes, como estratégias eficazes de adaptação e mitigação. Esses corredores verdes não apenas promovem a biodiversidade, mas também proporcionam espaços verdes para lazer, exercício e interação social, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

Ademais, a restauração ecológica de áreas degradadas urbanas, como os corredores verdes em Medellín, desempenha um papel crucial na promoção da sustentabilidade ambiental e da qualidade de vida nas cidades. A recuperação dessas áreas não apenas restaura serviços ecossistêmicos vitais, como a regulação do ciclo hidrológico e a biodiversidade, mas também oferece benefícios socioeconômicos, como a valorização estética e funcional dos espaços urbanos.

As ilhas de calor urbanas representam um desafio global, mas, a exemplo de Medellín, implementação de corredores verdes emerge como uma estratégia inteligente e eficaz para enfrentar esse problema. No caso da cidade colombiana, projetos pautados em SBN resultaram em microclimas mais agradáveis e saudáveis à população local, que se caracterizou como uma abordagem mais sustentável e resiliente às questões climáticas.

Entre as lições aprendidas, Medellín tomou consciência de que, para superar os problemas, que acompanham todo desenvolvimento urbano acelerado, havia necessidade de se combater a violência e de se investir em um planejamento urbano voltado às questões sociais e ambientais. Isto é, compreender a importância de abordagens integradas e holísticas para enfrentar os desafios das mudanças climáticas no ambiente urbano, reconhecendo a interdependência entre elementos naturais e humanos. Essas abordagens não apenas fortalecem a resiliência das cidades, mas também contribuem para a promoção de um futuro mais sustentável e equitativo para as comunidades urbanas.

Agradecimentos

LMAN e LFS agradecem à UNINOVE pela bolsa de mestrado concedida. LFS também agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e à Universidade Presbiteriana Mackenzie. APR agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (CNPq -317071/2021-1) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - 2020/05383-9), pelo suporte financeiro ao desenvolvimento de seus projetos de pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALAWNEH, S. M.; RASHID, M. Resilience of Spatial Structure in Urban Refugee Neighborhoods Facing Demographic Changes. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 2022. 1-17.

ALCALDÍA-DE-MEDELLÍN. **BIO 2030 Plan Director Medellín, Valle de Aburrá**. 1. ed. Medellín: Mesa Editores, 2011. Disponível em: <<https://www.metro.pol.gov.co/planeacion/Documents/plan-director-bio-2030.pdf>>. Acesso em: 18 fev 2024.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, n. 6, 2014. 711-728.

ALVES, J. F. **Metrópoles, cidadania e qualidade de vida**. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1992.

ANELLI, R. As cidades e o aquecimento global: desafios para o planejamento urbano, as engenharias e as ciências sociais e básicas. *Journal of Urban Technology and Sustainability*, 3, n. 1, jan-dez 2020. 4-17.

ANTONUCCI, D.; BUENO, L. A construção do espaço público em Medellín: Quinze anos de experiência em políticas, planos e projetos integrados. *Arquitextos*, 2018.

- BUCKERIDGE, M. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, São Paulo, 2015. 85-101.
- CAVALCANTE, L. B. et al. Análise de Ilhas de Calor e Frescor Utilizando-Se de Processamento Digital de Imagens - Estudo de Caso Município de São Paulo/SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, p. 1-12, 2020.
- CAVÉ, J. et al. **O financiamento da cidade latino-americana**: Instrumentos a serviço de um desenvolvimento urbano sustentável. [S.l.]: AFD Agence Française de Développement, 2014.
- CETESB. **Boletim Anual da Qualidade do Ar para o Estado de São Paulo - 2022**. São Paulo: CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2022.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. O processo de pesquisa. In: COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em Administração**. São Paulo: Bookman, 2004. p. 67-88.
- CORBUSIER, L. **Cómo concebir el urbanismo**. [S.l.]: Ediciones Infinito, 2023.
- CORETE, A. A. C. Árvores urbanas são aliadas no enfrentamento das mudanças climáticas, São Paulo, 2023. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2023/11/22/arvores-urbanas-sao-aliadas-no-enfrentamento-das-mudancas-climaticas/>>. Acesso em: 18 fev 2024.
- COSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, 2014. 152-158.
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de Métodos Mistos**: Série Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Penso Editora, 2015.
- DANE. **Boletim Censo Geral**. [S.l.]: Departamento Nacional de Estatística, 2020.
- ECHEVERRI, A.; ORSINI, F. M. Informalidad y Urbanismo Social en Medellín. **Medellín medio ambiente urbanismo y sociedad**, Medellín, 2010.
- FERREIRA, M. L.; RIBEIRO, A. P. Potencialidades e aplicações do conceito Nature-based Solution (NsS) em cidades inovadoras e sustentáveis. In: VIEIRA, D. M. C. V. L. R. **O futuro das cidades**: sustentabilidade, inteligência urbana e modelos de viabilidade utilizando PPPs e concessões. Campinas: Casa de Soluções, 2020. p. 64-79.
- FERRETTI, M. et al. Advancing forest inventorying and monitoring. **Annals of Forest Science**, 2024. 1-25.
- FRANCO, I. D. Políticas públicas, urbanismo y fronteras invisibles. Las disputas por el control espacial en Medellín. **Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, XVIII, n. 25, nov 2014. 1-18.
- GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 2011.
- GRIZZLE, R. et al. Successful initial restoration of oyster habitat in the lower Hudson River Estuary, United States. **Restoration Ecology**, 20 dec 2023. 1-11.
- HAMBUCKERS, A. et al. Artificial Green Corridors in an Andean City as Effective Support of Avian Diversity. **Diversity**, 15, n. 2, 18 feb 2023. 1-14.
- HAN, H. Singapore, a Garden City: Authoritarian Environmentalism in a Developmental State. **The Journal of Environment & Development**, mar 2017. 3-24.
- IPCC. **Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land**. Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.], p. 1-43. 2019.
- IQAIR. IQAir Medellín. **IQAir**, 2022. Disponível em: <<https://www.iqair.com/colombia/antioquia/medellin>>. Acesso em: 24 fev 2024.
- JACOBI, P. **Políticas sociais e ampliação da cidadania**. In: Políticas sociais e ampliação da cidadania. [S.l.]: [s.n.], 2000.
- JACQUES, P. B. **Apologia da deriva**: escritos situacionistas sobre a cidade. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2003.
- KNIGHT, J. The Green Infrastructure of Sandy Coastlines: A Nature-Based Solution for Mitigation of Climate Change Risks. **Sustainability**, 1056, 24 jan 2024. 1-13.
- KOGIA, N.; PAPAFOOTI, M. THE GREEN LINE | A biodiversity corridor along the past and present Athens railway network. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 2020. 1-11.
- KRAJINA, Z. The alternative urbanism of psychogeography in the mediated city. In: SHAW, D. B.; HUMM, M. **Radical Space**: Exploring Politics and Practice. London: [s.n.], 2016. p. 39-63.

LYNCH, K. **The image of the city**. Massachusetts: MIT Press, 1960.

MAURER, M. et al. A social-ecological-technological system approach to just nature-based solutions: A case of digital participatory mapping of meaningful places in a marginalized neighborhood in Copenhagen, Denmark. **Urban Forestry & Urban Greening**, 24 oct 2023. 1-13.

MAZZOTTI, A. J. A.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira Thompson, 2000.

ORLANDONI-MERLI, G.; RAMONI-PERAZZI, J.; PULIDO, M. O. P. Calidad del Aire y Enfermedades Respiratorias bajo Diversos Esquemas de Circulación Vial en Bucaramanga (Santander, Colombia). **Revista Lasallista de Investigación**, 18, jan-jul 2021. 1-14.

ORTIZ-AGUDELO, P. A. **Los parques lineales como estrategia de recuperación ambiental y mejoramiento urbanístico de las quebradas en la ciudad de Medellín**: estudio de caso parque lineal La Presidenta y parque lineal La Ana Díaz. Medellín,: Universidad Nacional de Colombia, 2014.

POSADA, M. I.; ARROYAVE, M. D. P.; FERNÁNDEZ, C. Influencia de la Vegetación en los Niveles de Ruido Urbano. **Revista EIA**, Medellín, n. 12, 2009. 79-89.

RAMON, M. et al. Assessment of four urban forest as environmental indicator of air quality: a study in a Brazilian megacity. **Urban Ecosystems**, 18 oct 2022. 197-207.

RESTREPO-BETANCUR, L. F.; PEÑA-SERNA, C.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M. F. Climate change in the city of Medellín – Colombia, throughout fifty years (1960-2010). **Revista DYNA**, abr-jun 2019. 312-318.

RIBEIRO, A. P. et al. The role of tree landscape to reduce effects of urban heat islands: a study in two Brazilian cities. **Trees**, 19 oct 2021. 1-14.

RIBEIRO-FERNANDES, C. C. Revisão sistemática - conceito e definição. **Ponto de Vista**, 2 Jun 2020. 1-6.

RUFINO, B. The Metamorphosis of Infrastructure in Latin American Urbanization: From Insufficiency to Presence as Fictitious Capital. In: MENA, F. C.; PICO, P. C. **Urbicide: The Death of the City**. Cham: Springer, 2023. Cap. 33, p. 673-692.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: UNiversidade de São Paulo, v. 1, 2006.

SANTOS, Y. C. D. et al. Enfrentamento aos riscos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro: a adaptação climática como uma nova agenda governamental. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, 02 mar 2023. 46-66.

SIERRA, A. L.; CAPARROSO, V. S. **Beneficios de Los Corredores Verdes en el Confort Térmico de las Unidades de Vivienda en Medellín y Envigado**. Envigado: Universidad eia Ingeniería Civil, 2022.

SILVA, F. E. D. Aproximar sem reduzir: as derivas e a pesquisa de campo em geografia urbana. **Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, 2004. 139-149.

SILVA, M. M. et al. Uma proposta de corredor ecológico para o município de Uberlândia/MG. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, 3, n. 7, out 2011. 115-133.

SUESCÚN-ESPINAL, J. F. De la cuarta revolución urbana a la cuarta revolución industrial: desafíos alrededor de la problemática ambiental de la calidad del aire para Medellín y el Valle de Aburrá. **Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad**, 12, n. 22, jan/jun 2020. 7-14.

THEOCHARI, A.; BALTAS, E. The Nature-Based Solutions and climate change scenarios toward food risk management in the greater Athens area—Greece. **Natural Hazards**, 3 jan 2024. 1-19.

TRENBERTH, K. E. Changes in precipitation with climate change. **CLIMATE RESEARCH**, 47, 2011. 123-138.

VÍCTORA, C. G.; KNAUTH, D. R.; HASSEN, M. D. N. A. **Pesquisa qualitativa em saúde: uma introdução ao tema**. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZERBINATO, I. M. G. et al. Gestão e planejamento urbano em Medellín: considerações acerca do direito à cidade e do empreendedorismo urbano. **Revista Ímpeto**, 11, dez 2021. 1-20.