

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A DESCARBONIZAÇÃO DAS CIDADES: PROPOSTA DE TORRES VERDES EM ESCOLAS PARA MITIGAÇÃO DE ILHAS DE CALOR

TAMARA F D SILVA

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE

CAMILA DIAS SOUZA

CENTRO UNIVERSITÁRIO FACULDADE DAS AMÉRICAS

LEDA MARIA DE ALMEIDA NELO

VANESSA GLASS P DE MIRANDA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG

ANDREZA PORTELLA RIBEIRO

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO UNINOVE

Introdução

As mudanças climáticas globais, intensificadas pelo avanço da urbanização, têm produzido efeitos marcantes nas cidades contemporâneas, destacando-se as ilhas de calor urbanas (ICU). As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) consolidaram-se como estratégias centrais de mitigação e adaptação climática, materializando-se em infraestruturas vegetadas como corredores ecológicos, telhados verdes e jardins verticais.

Problema de Pesquisa e Objetivo

A questão de pesquisa que orienta este estudo é: como projetos fundamentados no conceito de SBN podem ser inseridos em espaços limitados de escolas localizadas em áreas que sofrem com os efeitos das ICU? O objetivo consiste em avaliar os efeitos da implantação de protótipos de torres verdes em indicadores de conforto térmico, bem como a utilização do conceito SBN em práticas pedagógicas como estratégia de educação ambiental.

Fundamentação Teórica

As SBN distinguem-se por oferecerem soluções multifuncionais que contribuem para a regulação microclimática, gestão da água e promoção da biodiversidade, além de fortalecerem a coesão social e a educação ambiental. No contexto latino-americano, a incorporação das SBN ainda é incipiente, embora haja crescente reconhecimento de seu potencial em áreas de alta vulnerabilidade socioambiental. Pesquisas internacionais demonstram que escolas com espaços verdes apresentam maior bem-estar físico e psicológico dos estudantes, maior capacidade de concentração e fortalecimento dos laços sociais.

Metodologia

O projeto configura-se em uma abordagem colaborativa entre Instituições de Ensino Superior e a equipe escolar da EMEF Gonzaguinha, localizada na Comunidade de Heliópolis, São Paulo. Será realizada a implantação de protótipos de torres verdes de aproximadamente dois metros de altura, compostas por módulos com substrato natural e irrigação simplificada, permitindo o cultivo de espécies adaptadas ao clima urbano. O protótipo incorpora sistema de monitoramento autônomo com sensores de temperatura e umidade alimentados por célula fotovoltaica.

Análise e Discussão dos Resultados

A escola apresenta características representativas de contextos urbanos densos: ausência significativa de áreas verdes e alta exposição às superfícies impermeáveis. As torres verdes serão concebidas como alternativa que não ocuparão grandes áreas horizontais, não oferecerão riscos às crianças e funcionarão como horta educativa. Paralelamente à implantação, serão realizadas oficinas pedagógicas envolvendo alunos e professores, priorizando as disciplinas de Geografia e Educação Física, promovendo a apropriação coletiva da infraestrutura.

Considerações Finais

A metodologia colaborativa demonstra que as SBN de baixo custo podem democratizar o acesso ao verde em territórios vulneráveis. A integração entre monitoramento científico e práticas pedagógicas configura um modelo com potencial de replicação para outros equipamentos públicos educacionais, evidenciando alternativas efetivas de descarbonização das cidades por meio da educação ambiental participativa.

Referências

FERREIRA, M. L. et al. Spatiotemporal monitoring of subtropical urban forests in mitigating air pollution: Policy implications for nature-based solutions. *Ecological Indicators*, v. 158, p. 111386, 2024. IUCN. International Union for Conservation of Nature. Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. Gland: IUCN, 2020. KABISCH, N.; VAN DEN BOSCH, M.; LAFORTEZZA, R. The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly -- A systematic review. *Environmental Research*, v. 159, p. 362-373, 2017.

Palavras Chave

Torres Verdes, Ilhas de Calor Urbanas, Educação Ambiental

Agradecimento a órgão de fomento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo nº 2024/01115-0), Brasil, no âmbito do Centro de Ciência para o Desenvolvimento - CCD Cidades Carbono Neutro, que conta também com o apoio financeiro das Instituições: ABRAIN, CDHU, Ecorodovias, ENEL, Equipagroup, Novakem, Orizon, Prefeitura do Município de São José dos Campos e Solis Solar. Os autores agradecem às bolsas institucionais e ao CNPq Bolsa Produtividade 313775/2025-7.

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A DESCARBONIZAÇÃO DAS CIDADES: PROPOSTA DE TORRES VERDES EM ESCOLAS PARA MITIGAÇÃO DE ILHAS DE CALOR

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais, intensificadas pelo avanço da urbanização, têm produzido efeitos marcantes nas cidades contemporâneas. Entre eles, destacam-se as ilhas de calor urbanas (ICU), caracterizadas pela elevação das temperaturas em áreas densamente construídas em comparação a regiões menos urbanizadas. Em São Paulo, maior metrópole da América Latina, as ICU representam um desafio significativo para a qualidade de vida, com repercussões diretas sobre a saúde pública, a eficiência energética e o bem-estar da população (IBGE, 2022; PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2023).

Para mitigar esses efeitos, no início dos anos 2000 a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) consolidou o conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SBN), definidas como "ações que trabalham com e pela natureza para enfrentar desafios sociais, proporcionando simultaneamente benefícios para o bem-estar humano e a biodiversidade" (IUCN, 2020). Desde então, as SBN têm se firmado como estratégias centrais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em diferentes escalas territoriais, sobretudo no contexto urbano.

Os projetos urbanos pautados em SBN materializam-se em corredores ecológicos e infraestruturas vegetadas, a exemplo de telhados verdes e jardins verticais, que contribuem para reduzir a temperatura superficial, aumentar a umidade relativa e melhorar a qualidade do ar (KABISCH et al., 2017; SOLTANIFARD, 2023). Por outro lado, as escolas, que se configuram como ambientes estratégicos para a disseminação de práticas sustentáveis pelo papel formativo e pela presença de públicos vulneráveis, permanecem pouco contempladas (RUIZ-MALLÉN et al., 2022).

Nesse contexto, apresentam-se as "torres verdes", que diferentemente dos jardins verticais ou telhados verdes tradicionais, têm como vantagem específica a menor necessidade de área horizontal e maior flexibilidade para a implantação. Protótipos de "torres verdes" são particularmente relevantes em escolas públicas de regiões densamente urbanizadas, nas quais a escassez de espaço é um obstáculo frequente à introdução de infraestrutura verde.

Dessa forma, para o desenvolvimento deste trabalho os autores se orientaram pela seguinte questão de pesquisa: como projetos fundamentados no conceito de SBN podem ser inseridos em espaços limitados de escolas localizadas em áreas que sofrem com os efeitos das ICU? Considerando que espaços educacionais representam oportunidades singulares para os efeitos adversos de eventos climáticos e com ênfase na formação cidadã, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da implantação de protótipos de torres verdes em indicadores de conforto térmico, bem como a utilização do conceito SBN em práticas pedagógicas como estratégia de educação ambiental.

2. SBN COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA À EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Segundo Kabisch et al. (2017), as SBN distinguem-se por oferecerem soluções multifuncionais, em contraste com intervenções de infraestrutura cinza, que geralmente respondem a apenas uma demanda específica.

No âmbito urbano, as SBN englobam desde parques lineares e corredores ecológicos até infraestruturas vegetadas verticais ou horizontais que contribuem para a regulação microclimática, a gestão da água e a promoção da biodiversidade. Estudos recentes reforçam que as SBN não apenas reduzem impactos ambientais, mas também fortalecem a coesão social e a educação ambiental, ao aproximar comunidades dos benefícios diretos da natureza (FRANTZESKAKI, 2019; MCPHEARSON et al., 2022, FERREIRA et al., 2024).

No contexto latino-americano, a incorporação das SBN ainda é incipiente, embora haja crescente reconhecimento de seu potencial em áreas de alta vulnerabilidade socioambiental (CAICHE; PERES; SCHENK, 2021; NELO et al. 2024). Nesse sentido, experiências locais em cidades brasileiras vêm demonstrando que iniciativas de infraestrutura verde, mesmo em pequena escala, podem gerar transformações positivas no microclima urbano (AMORIM, 2019).

Pesquisas internacionais têm demonstrado que escolas com espaços verdes apresentam maior bem-estar físico e psicológico dos estudantes, maior capacidade de concentração e fortalecimento dos laços sociais (BEERY et al., 2023; GALLEZ et al., 2024). Estudos como o de Comino et al. (2025) evidenciam ainda que paredes e torres verdes em escolas não apenas reduzem a temperatura superficial, mas também contribuem para a estética e a integração entre governança local e comunidade escolar.

Além de benefícios ambientais, estruturas vegetadas em escolas promovem engajamento comunitário, reforçam a equidade no acesso ao verde e favorecem a aprendizagem socioambiental (RUIZ-MALLÉN et al., 2022; WARNER; ELSER, 2015).

No Brasil, contudo, a literatura sobre SBN em escolas ainda é limitada, apontando uma lacuna acadêmica importante (MOKHTARMANESH; GHOMEISHI, 2019). Nesse sentido, projetos-piloto que unem monitoramento microclimático e oficinas pedagógicas representam oportunidades de consolidar o espaço escolar como laboratório vivo de sustentabilidade, ampliando a inserção das crianças em processos de educação ambiental aplicada.

3. DESENVOLVIMENTO

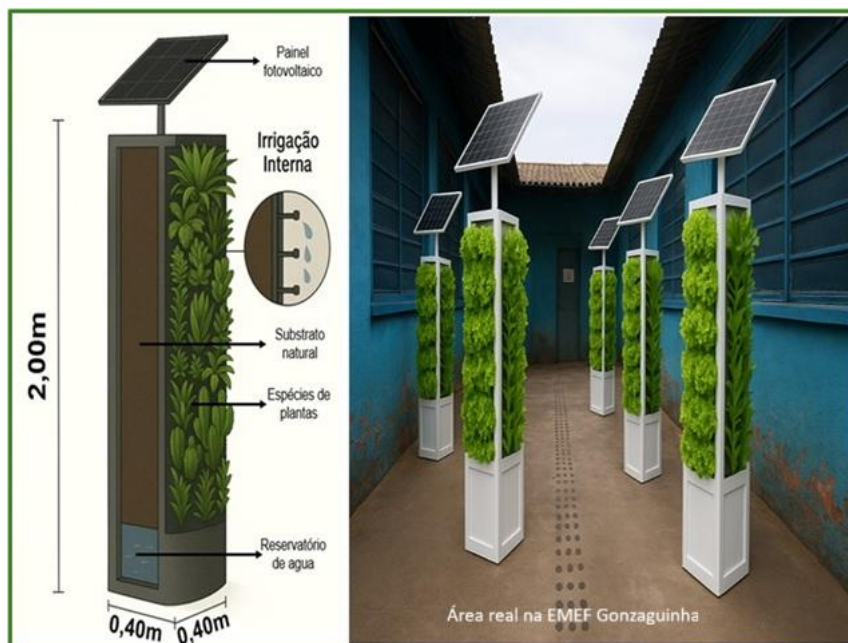
A implantação de protótipos de torres verdes será realizada na Escola Municipal de Ensino Fundamental Luiz Gonzaga do Nascimento Jr (EMEF Gonzaguinha), localizada na Comunidade de Heliópolis, cidade de São Paulo. A escola apresenta características representativas de contextos urbanos densos: ausência significativa de áreas verdes em seu entorno imediato e alta exposição às superfícies impermeáveis, condições que potencializam o desconforto térmico durante as atividades escolares.

O projeto se configura em uma abordagem colaborativa entre Instituições de Ensino Superior (professores-pesquisadores, doutorandos e mestrandos) e a equipe escolar da EMEF Gonzaguinha. O elo entre o ambiente acadêmico e a realidade educacional local foi viabilizado por meio da mediação de um pesquisador voluntário na União de Núcleos, Associações dos Moradores de Heliópolis e Região (UNAS), e uma aluna de pós-graduação, liderança feminina da UNAS, que também é docente na unidade escolar. Essa interação revelou-se essencial para o diagnóstico das demandas locais conduzindo a investigação ao estudo do desconforto térmico como problemática prioritária, evidenciado pela necessidade de adaptações físicas em salas de aula devido às altas temperaturas.

A partir desse diálogo, foram definidos critérios específicos para a solução proposta: estruturas que não ocupem grandes áreas horizontais, que não ofereçam riscos às crianças e que possam funcionar como horta educativa. Essas diretrizes orientaram a concepção das torres verdes como alternativa adequada ao contexto escolar identificado. Essas estruturas verticais, de aproximadamente dois metros de altura, serão compostas por módulos com substrato natural e irrigação simplificada, permitindo o cultivo de espécies adaptadas ao clima urbano, como

bromélias, suculentas, babosa, grama-amendoim e cactáceas. As espécies foram selecionadas por sua baixa necessidade de manutenção, resistência a variações climáticas e capacidade de promover resfriamento local por sombreamento e evapotranspiração. O protótipo incorporará sistema de monitoramento autônomo, com sensores de temperatura e umidade alimentados por célula fotovoltaica, permitindo coleta de dados sobre os efeitos microclimáticos da estrutura (Figura 1).

Figura 1: Protótipo de Torres Verdes e Simulação de Implantação na EMEF Gonzaguinha.



Fonte: Autores com apoio de inteligência artificial para visualização técnica (2024).

Paralelamente, durante o processo de construção e implantação, serão realizadas oficinas pedagógicas envolvendo alunos e professores, priorizando inicialmente as disciplinas de Geografia e Educação Física, com cronograma a ser elaborado colaborativamente em novembro de 2024.

Esse envolvimento participativo busca promover a apropriação coletiva da infraestrutura e o desenvolvimento de sentimento de pertencimento que possa resultar em transformações permanentes nas práticas ambientais escolares. A expectativa é que a experiência funcione como ambiente de aprendizagem prática, articulando monitoramento científico, educação ambiental e engajamento comunitário.

4. CONSIDERAÇÕES

A parceria em desenvolvimento para implantação de torres verdes na EMEF Gonzaguinha apresenta potencial para contribuir com os ODS 7 (sistema fotovoltaico), ODS 9 (inovação em infraestrutura verde adaptável), ODS 11 (cidades resilientes), ODS 13 (mitigação climática) e ODS 17 (colaboração universidade-escola-comunidade).

A metodologia colaborativa em construção em Heliópolis demonstra que SBN de baixo custo podem democratizar o acesso ao verde em territórios vulneráveis, com possibilidade de responder às diretrizes nacionais de adaptação climática. A integração planejada entre monitoramento científico e práticas pedagógicas configura um modelo com potencial de replicação para outros equipamentos públicos educacionais.

Espera-se que a experiência evidencie alternativas efetivas de descarbonização das cidades por meio da educação ambiental participativa e das iniciativas pontuais baseadas na natureza, contribuindo para a transformação socioecológica necessária ao século XXI.

5. REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 25, n. 15, p. 196-214, 2019.

BEERY, T. et al. Ampliando as bases para o estudo da conexão da infância com a natureza. *Frontiers in Environmental Science*, v. 11, p. 1225044, 2023.

CAICHE, D. T.; PERES, R. B.; SCHENK, L. B. M. Floresta urbana, soluções baseadas na natureza e paisagem: planejamento e projeto na cidade de São Carlos (SP). *Revista LABVERDE*, v. 11, n. 1, p. 121-149, 2021.

COHEN-SHACHAM, E. et al. Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland: IUCN, 2016.

COMINO, E. et al. Parede verde multifuncional na escola primária: uma abordagem de projeto integrada entre acadêmicos e governança local para melhorar o ambiente educacional. *Nature-Based Solutions*, p. 100250, 2025.

ESCOBEDO, F. J. et al. Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: nexus or evolving metaphors? *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 37, p. 3-12, 2019.

FERREIRA, M. L. et al. Spatiotemporal monitoring of subtropical urban forests in mitigating air pollution: Policy implications for nature-based solutions. *Ecological Indicators*, v. 158, p. 111386, 2024.

RANTZESKAKI, N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy*, v. 93, p. 101-111, 2019.

GALLEZ, E. et al. Ambientes escolares baseados na natureza para todas as crianças? Comparando a exposição à infraestrutura verde e azul relacionada à escola em quatro cidades europeias. *Ecological Indicators*, v. 166, p. 112374, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: São Paulo. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 set. 2025.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. *Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions*. Gland: IUCN, 2020.

KABISCH, N.; VAN DEN BOSCH, M.; LAFORTEZZA, R. The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly – A systematic review. *Environmental Research*, v. 159, p. 362-373, 2017.

McPHEARSON, T. et al. Nature-based solutions for climate change adaptation and mitigation: Challenges and opportunities for the research community. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 55, p. 101-113, 2022.

MOKHTARMANESH, S.; GHOMEISHI, M. Participatory design for a sustainable environment: Integrating school design based on students' preferences. *Cities and Society Sustainability*, v. 51, p. 101762, 2019.

NELO, L. M. A.; SILVA, L. F.; RIBEIRO, A. P. Soluções Baseadas na Natureza para Mitigar o Calor Urbano: a Eficácia dos Corredores Verdes em Medellín, Colômbia. *Cidades Verdes*, v. 12, n. 36, p. 122-136, 2024.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. Relatório de Sustentabilidade Climática 2023. São Paulo: PMSP, 2023.

REQUIA, W. J. et al. Air quality around schools and academic performance in Brazil. *Atmospheric Environment*, v. 279, p. 119-125, 2022.

RUIZ-MALLÉN, I. et al. School gardens and climate change education: Experiential learning in European schools. *Environmental Education Research*, v. 28, n. 3, p. 391-410, 2022.

SEDDON, N. et al. Getting the message right on nature-based solutions for climate change. *Global Change Biology*, v. 27, n. 8, p. 1518-1546, 2021.

WARNER, B. P.; ELSER, M. How do sustainable schools integrate education for sustainability? An assessment of certified sustainable K–12 schools in the United States. *The Journal of Environmental Education*, v. 46, n. 1, p. 1-22, 2015.

SOLTANIFARD, Hamed. Vertical greening systems as climate change mitigation in schools: A systematic review. *Journal of Urban Ecology*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2023.