ESTRATÉGIAS PASSIVAS DE ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA CLIMAS TROPICAIS: UM ESTUDO DE CASO EM AQUIDAUANA-MS

Giovanna Baes Sales Lara, Andrea Teresa Riccio Barbosa, Arthur Santos Silva

[UFMS] – *Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul, Campo Grande, Brasil*
(giovanna.baes@ufms.br)
[UFMS] – *Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul, Campo Grande, Brasil*
(andrea.barbosa@ufms.br)
[UFMS] – *Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul, Campo Grande, Brasil*
(arthur.silva@ufms.br)

Resumo Este estudo aborda estratégias passivas de arquitetura sustentável voltadas à melhoria da eficiência energética de moradias em climas tropicais, considerando soluções acessíveis e adequadas às condições socioeconômicas da população. A pesquisa enfatiza alternativas como ventilação cruzada, sombreamento natural, orientação solar adequada, utilização de materiais construtivos compatíveis com o clima e aproveitamento da iluminação natural, buscando reduzir o consumo energético e aumentar o conforto térmico interno das edificações. Para isso, foi realizado um estudo de caso na cidade de Aquidauana-MS, localizada em uma região caracterizada por elevadas temperaturas ao longo do ano e limitada acessibilidade a tecnologias de maior custo, como sistemas de climatização artificial e painéis fotovoltaicos. A metodologia adotada envolve levantamento bibliográfico, análise climática da região e avaliação de estratégias arquitetônicas sustentáveis aplicáveis ao contexto local. O estudo busca desenvolver as diretrizes práticas e economicamente viáveis para projetos habitacionais mais sustentáveis, contribuindo para a redução de impactos ambientais e melhoria da qualidade de vida dos moradores. Além disso, pretende incentivar o uso de soluções passivas na arquitetura contemporânea, alinhadas aos princípios de sustentabilidade, eficiência energética e adaptação climática em regiões tropicais brasileiras e estimular futuras pesquisas relacionadas ao desempenho térmico das habitações sociais em cidades brasileiras de clima quente.

Palavras-chave: Arquitetura Sustentável; Eficiência Energética; Climas Tropicais; Conforto Térmico; Estudo de Caso

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço do processo de urbanização tem transformado significativamente o ambiente das cidades brasileiras, impondo novos desafios à sustentabilidade e ao conforto ambiental. O aumento das áreas impermeáveis, a redução da vegetação e o crescimento populacional intensificam os efeitos das mudanças climáticas, especialmente em regiões de clima quente, onde o conforto térmico urbano se torna uma questão crítica para a qualidade de vida. Nesse contexto, o planejamento arquitetônico sustentável surge como uma estratégia essencial para mitigar os impactos do aquecimento urbano e promover edificações mais eficientes e resilientes. A arquitetura sustentável, também chamada de arquitetura verde, ecológica ou ecoarquitetura, propõe uma abordagem integrada entre o ambiente construído e o meio natural, buscando harmonizar o bem-estar humano com a preservação ambiental e o uso racional dos recursos naturais (Nunes, 2009). Essa perspectiva envolve a aplicação de estratégias passivas de projeto, como ventilação cruzada, sombreamento, uso de materiais de alta refletância e aproveitamento da iluminação natural, que reduzem o consumo energético e melhoram o conforto térmico (Ghisleni, 2022; Dias *et al*., 2021; Rahman *et al*., 2021). No contexto brasileiro, as condições climáticas tropicais intensificam a necessidade de soluções arquitetônicas adaptadas. Em especial, municípios inseridos em biomas sensíveis, como o Pantanal, enfrentam temperaturas elevadas e alta umidade, o que exige o desenvolvimento de projetos arquitetônicos adequados às condições locais (Souza Campos, 2022). Nesse cenário, Aquidauana-MS destaca-se como um exemplo relevante, por reunir características ambientais e socioeconômicas que tornam urgente a adoção de estratégias sustentáveis voltadas à eficiência energética e ao conforto térmico das edificações. Estudos recentes apontam que intervenções urbanas simples, como o aumento da arborização, o uso de telhados verdes e a aplicação de pavimentação permeável, contribuem significativamente para a mitigação de temperaturas e a melhoria do microclima urbano (Souza Campos,

2022; Honorato & Andrade, 2012). Além disso, análises de desempenho termoenergético em edificações demonstram que decisões tomadas ainda na fase de projeto, como orientação solar, proporção de aberturas e escolha de materiais, têm papel decisivo na redução do consumo de energia (Uddin & Khanna, 2020; Sousa & Silva, 2024). Diante desse panorama, o presente estudo tem como objetivo explorar estratégias de arquitetura sustentável aplicadas ao clima tropical de Aquidauana-MS, propondo diretrizes que promovam conforto ambiental, eficiência energética e sustentabilidade. A pesquisa busca integrar o conhecimento técnico de simulação termoenergética e planejamento urbano inteligente à realidade local, oferecendo subsídios teóricos e práticos para o desenvolvimento de edificações mais adequadas ao contexto climático e social da região. Em síntese, ao investigar o potencial das estratégias passivas e sustentáveis em ambientes tropicais, este trabalho pretende contribuir para o avanço da arquitetura bioclimática no Brasil, estimulando práticas projetuais capazes de reduzir os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida urbana em cenários de crescente vulnerabilidade climática.

JUSTIFICATIVA

A crescente intensificação do aquecimento global tem provocado mudanças climáticas cada vez mais evidentes, impactando diretamente as condições de vida em diversas regiões do planeta. Esse efeito se manifesta de forma ainda mais crítica nas cidades localizadas em áreas de clima quente, como é o caso de Aquidauana-MS.

O município apresenta clima tropical, caracterizado por verões longos, quentes e úmidos, com temperaturas médias que variam entre 28 °C e 32 °C, além de invernos curtos e relativamente secos. Essas condições ambientais exigem maior atenção em relação ao conforto térmico, à saúde da população e ao planejamento urbano. Paralelamente, as cidades vêm enfrentando os efeitos de um processo de urbanização frequentemente desordenado, responsável por provocar intervenções significativas no meio ambiente e aumentar a vulnerabilidade socioambiental da população, especialmente diante de eventos climáticos extremos.

As transformações no ambiente urbano, resultantes das diferentes ações dos agentes sociais responsáveis pela ocupação do espaço, têm gerado alterações locais de temperatura, conhecidas como Ilhas de Calor e Ilhas de Frescor, modificando o clima no perímetro urbano e criando uma nova atmosfera sobre a cidade (Honorato & Andrade, 2012; Souza et al., 2014). Estudos realizados pelos autores evidenciam que o crescimento desordenado das cidades, aliado à substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, intensifica significativamente as temperaturas locais. Esse fenômeno favorece a formação de microclimas mais quentes em determinados setores urbanos, afetando diretamente o bem-estar da população, o conforto térmico e o consumo de energia elétrica das edificações.

As pesquisas também identificaram diferenças térmicas relevantes entre áreas arborizadas e regiões densamente construídas, demonstrando que a morfologia urbana e o planejamento territorial exercem influência direta sobre a qualidade de vida e a eficiência energética das construções. Essas condições climáticas extremas tornam-se ainda mais preocupantes diante dos episódios de calor intenso, que vêm se tornando mais frequentes e severos.

De acordo com notícias recentes, segundo a Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul (SEMADESC, 2025), o município esteve entre os 20 do estado com temperaturas máximas acima de 40 °C, estabelecendo novos recordes nacionais. Esses dados reforçam a vulnerabilidade da população local, especialmente considerando que grande parte dos habitantes não dispõe de recursos financeiros para investir em soluções tecnológicas de climatização artificial e eficiência energética.

Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2025) reforçam ainda mais a gravidade das condições climáticas enfrentadas pelo município ao longo do ano de 2025. Os registros meteorológicos da estação automática A719 evidenciaram sucessivos episódios de calor extremo, demonstrando uma tendência de elevação das temperaturas máximas e maior frequência de ondas de calor na região. Entre os meses de setembro e outubro, período historicamente marcado pela estiagem e baixa umidade relativa do ar, foram registrados alguns dos maiores picos de temperatura do ano.

No dia 11 de setembro de 2025, a estação registrou temperatura máxima de 40,6 °C, valor que voltou a se repetir em 13 de setembro do mesmo ano. Já em 14 de setembro, os termômetros atingiram aproximadamente 39,8 °C, enquanto no dia 4 de outubro foi registrada temperatura próxima de 39,7 °C. Outros episódios recorrentes ao longo do segundo semestre apresentaram máximas superiores a 38 °C, evidenciando a persistência de condições térmicas severas durante extensos períodos do ano. Além das altas temperaturas, os registros meteorológicos também apontaram baixos índices de umidade relativa do ar durante esses eventos, agravando ainda mais a sensação térmica e os impactos ambientais e urbanos provocados pelo calor excessivo.

Tabela 1 - Registros de temperaturas máximas em Aquidauana-MS no ano de 2025

Data	Temperatura Máxima Registrada	Condição Climática Observada	Possíveis Impactos Urbanos
11/09/2025	40,6 °C	Onda de calor intensa e baixa umidade do ar	Aumento do desconforto térmico, sobrecarga energética e riscos à saúde
13/09/2025	40,6 °C	Persistência de calor extremo	Intensificação das Ilhas de Calor urbanas e maior uso de climatização artificial
14/09/2025	39,8 °C	Temperaturas elevadas durante período seco	Redução da qualidade ambiental urbana e aumento da sensação térmica
04/10/2025	39,7 °C	Continuidade das altas temperaturas no início da primavera	Maior consumo energético e impactos no conforto térmico das edificações
Setembro–Outubro/2025	Acima de 38 °C em diversos dias	Frequência recorrente de calor extremo	Agravamento das condições climáticas urbanas e vulnerabilidade socioambiental

Fonte: Arquivo pessoal

Esses dados demonstram que os episódios de calor extremo em Aquidauana deixaram de ser ocorrências isoladas e passaram a representar uma condição climática recorrente, diretamente associada às mudanças climáticas globais e às transformações no espaço urbano. A intensificação da impermeabilização do solo, a redução das áreas vegetadas e a expansão urbana desordenada contribuem significativamente para o agravamento das Ilhas de Calor urbanas, potencializando os efeitos das altas temperaturas no município. Como consequência, há aumento do desconforto térmico nas edificações, maior demanda por sistemas artificiais de resfriamento e crescimento do consumo de energia elétrica, além de impactos diretos sobre a saúde pública, especialmente entre crianças, idosos e populações em situação de vulnerabilidade social.

Nesse contexto, a arquitetura sustentável, também conhecida como arquitetura verde ou ecoarquitetura, apresenta-se como uma estratégia essencial para minimizar os impactos das altas temperaturas e promover maior eficiência energética nas edificações. Essa abordagem busca conciliar as necessidades habitacionais com a preservação ambiental, incentivando o uso consciente dos recursos naturais e a aplicação de estratégias passivas adequadas ao contexto climático local (Nunes, 2009; Ghisleni, 2022).

A integração entre arquitetura e meio ambiente deve priorizar técnicas de climatização natural, como ventilação cruzada, sombreamento de fachadas e utilização de materiais com propriedades térmicas adequadas, capazes de promover conforto ambiental de forma passiva. Além disso, o planejamento urbano deve contemplar áreas verdes, telhados e paredes vegetadas, bem como pavimentação permeável, contribuindo para a redução das Ilhas de Calor e para a melhoria do microclima urbano (Dias et al., 2021; Rahman et al., 2021; Souza Campos, 2022).

Dessa forma, compreender as particularidades climáticas de Aquidauana e seus impactos na dinâmica urbana torna-se essencial para o desenvolvimento de edificações mais adaptadas, resilientes e energeticamente eficientes. Projetos que considerem essas especificidades podem não apenas reduzir o consumo energético e os custos operacionais, mas também melhorar significativamente a qualidade de vida da população, promovendo cidades mais sustentáveis e preparadas para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver e propor estratégias passivas de arquitetura sustentável adaptadas ao clima tropical de Aquidauana-MS, visando promover conforto térmico em edificações, aumentar a eficiência energética e contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, considerando as limitações socioeconômicas e as características ambientais locais.

A. Objetivos específicos

1. Analisar o clima local e suas implicações: identificar os impactos das altas temperaturas e das condições sazonais sobre o conforto térmico e a saúde da população.

2. Avaliar o contexto urbano e habitacional: compreender a infraestrutura, padrões construtivos e limitações socioeconômicas que influenciam o conforto ambiental.

3. Investigar estratégias passivas de projeto: estudar soluções como ventilação cruzada, sombreamento, telhados verdes e materiais de alta eficiência térmica aplicáveis ao contexto local.

4. Simular e avaliar desempenho: utilizar simulações termoenergéticas para medir o impacto das estratégias propostas sobre temperatura interna, consumo energético e conforto térmico.

5. Propor diretrizes práticas de arquitetura sustentável: desenvolver recomendações adaptadas às condições de Aquidauana-MS, visando eficiência energética, sustentabilidade e melhor qualidade de vida.

METODOLOGIA

A pesquisa será desenvolvida em etapas interligadas. Inicialmente, será realizada a análise do clima local, com levantamento e interpretação de dados meteorológicos e sazonais, a fim de identificar os impactos das altas temperaturas e das variações climáticas sobre o conforto térmico e a saúde da população.

Em seguida, será feita a avaliação do contexto urbano e habitacional, considerando a infraestrutura existente, os padrões construtivos predominantes e as limitações socioeconômicas que influenciam o conforto ambiental nas edificações. Posteriormente, serão investigadas estratégias passivas de projeto, como ventilação cruzada, sombreamento, telhados verdes e o uso de materiais com alto desempenho térmico,

buscando selecionar as soluções mais adequadas ao contexto climático de Aquidauana. As estratégias selecionadas serão aplicadas em modelos representativos de edificações típicas da região, que passarão por simulações termoenergéticas no EnergyPlus™ para avaliar o impacto das soluções propostas sobre a temperatura interna, a carga térmica e o consumo energético.

Por fim, com base nos resultados obtidos, serão propostas diretrizes práticas de arquitetura sustentável, adaptadas às condições ambientais e socioeconômicas locais, visando promover edificações mais eficientes, confortáveis e alinhadas aos princípios de sustentabilidade e eficiência energética em Aquidauana-MS. As simulações termoenergéticas serão conduzidas utilizando o software EnergyPlus™, amplamente reconhecido internacionalmente como ferramenta de referência para a análise do desempenho térmico e energético de edificações. O processo seguirá as diretrizes do Manual de Introdução à Simulação do Desempenho de Edifícios (SOUSA; SILVA, 2024), que orienta a elaboração de modelos, a definição de zonas térmicas e a calibração das simulações. Serão empregados dados climáticos fornecidos pelo INMET, complementados por arquivos EPW ajustados às condições específicas de Aquidauana-MS, garantindo maior precisão e representatividade dos resultados.

RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a pesquisa forneça uma análise abrangente das condições de conforto térmico em Aquidauana-MS, identificando como o clima quente e úmido influencia a temperatura interna das edificações, o bem-estar da população e o consumo energético. A investigação pretende demonstrar a relação entre a densidade urbana, a presença de vegetação, o sombreamento natural e o comportamento térmico das construções, evidenciando os efeitos das Ilhas de Calor observadas na cidade. A partir das simulações termoenergéticas e análises de sensibilidade, será possível propor estratégias arquitetônicas passivas adaptadas ao contexto local, incluindo ventilação cruzada, posicionamento adequado de aberturas, sombreamento de fachadas, uso de materiais com propriedades térmicas eficientes, telhados verdes e pavimentação permeável. Tais medidas visam reduzir a carga térmica interna, minimizar a necessidade de climatização artificial e promover conforto ambiental, especialmente em habitações sociais e edifícios públicos, onde o acesso a soluções tecnológicas é limitado. Além disso, o estudo busca gerar subsídios para políticas públicas e práticas urbanísticas, incentivando a adoção de diretrizes sustentáveis que integrem planejamento urbano inteligente, mitigação das Ilhas de Calor e eficiência energética nas construções regionais. Espera-se também que os resultados contribuam para a conscientização da população e de gestores públicos, destacando a importância da arquitetura passiva, do design bioclimático e da gestão sustentável do ambiente construído, promovendo cidades mais resilientes, eficientes e confortáveis. Por fim, os resultados esperados incluem a produção de recomendações práticas e diretrizes adaptáveis a diferentes tipologias de edificações, que possam ser replicadas em outros municípios do Pantanal e regiões tropicais do país, fortalecendo a interconexão entre conhecimento científico, planejamento urbano e qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

[1] BUZAID, Antonio; MALUF, Fernando. Calor excessivo. 2024. Disponível em: https://vencerocancer.org.br/calorexcessivo/. Acesso em: 16 jan. 2025.

[2] DIAS, Luma de Souza; SOUZA, Henor Artur de; GOMES, Adriano Pinto; CAETANO, Lucas Fonseca; CAMARGOS, Bruno Henrique Lourenço; TRIBESS, Arlindo. Simulação termoenergética e lumínica de fachadas com brises no clima tropical. 2021

[3] FEITOSA, Liana. “Porteira do Pantanal”, Aquidauana chega aos 132 anos com desafios sociais e econômicos. Jornal Midiamax, 2024. Acesso em: 15 jan. 2025.

[4] GHISLENI, Camilla. Estratégias passivas de conforto térmico aplicadas em projetos residenciais. 2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br. Acesso em: 15 jan. 2025./

[5] HONORATO, Ana Flávia Avenir; ANDRADE, Vicentina Socorro da Anunciação. Ilhas de Calor e Frescor na Área Urbana da Cidade de Aquidauana-MS. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 878–886, 2012. Disponível em: https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revistageonorte/article/download/2153/2019/6304. Acesso em: 23 out. 2025.

[6] ISTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Dados meteorológicos da estação A719 – Aquidauana/MS referentes ao ano de 2025. Brasília: INMET, 2025.

[7] NUNES, Ilda. A arquitetura sustentável nas edificações urbanas: uma análise econômico-ambiental. 2009.

[8] RAHMAN, Md. A.; et al. Assessing the cooling performance of tropical dwellings using multi-year future climate scenario EnergyPlus weather files: A case study of Brunei Darussalam. 2021.

[9] SEMADESC – Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul. MS tem novo recorde nacional de temperatura; 20 municípios registraram máximas acima de 40°C. Disponível em: https://www.semadesc.ms.gov.br/mstem-oito-municipios-com-temperaturas-acima-de-40caquidauana-registrou-recorde-do-ano-no-pais/. Acesso em: 23 out. 2025.

[10] SOUSA, Franklin Puker de; SILVA, Arthur Santos. Manual de Introdução à Simulação do Desempenho de Edifícios: um curso para iniciantes no software EnergyPlus™. Campo Grande: UFMS, 2024.

[11] SOUZA CAMPOS, Sabrina Policarpio. Análise da temperatura superficial e a relação com os fragmentos de vegetação da área urbana de Aquidauana (MS) entre 2013 e 2022, na estação de outono. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.

[12] SOUZA, R. et al. Ilhas de Calor e Frescor na Área Urbana de Aquidauana-MS. Revista Geonorte, UFAM, 2014.

[13] UDDIN, Meftah; KHANNA, Sanjeev K. Sensitivity analysis for identifying key parameters affecting energy consumption in early-stage building design. 2020