



Jardim vertical como estratégia bioclimática em habitação de interesse social sustentável, em Paragominas/PA

Vertical garden as a bioclimatic strategy in sustainable social housing, in Paragominas/PA

Jardín vertical como estrategia bioclimática en viviendas sociales sostenibles, en Paragominas/PA

JESUS, Christianne Ferreira de ¹
OLIVEIRA, Leonardo Pinto de ²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.
ttianni@hotmail.com
ORCID ID: 0000-0002-0472-9160

² Centro Universitário de Brasília, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Mestrado. Brasília, DF, Brasil.
arq.leoliveira@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-2636-7420

Recebido em 04/09/2022 Aceito em 06/05/2023



Resumo

Na tentativa de conhecer e disseminar potenciais soluções sustentáveis, econômicas e promissoras, que podem beneficiar no conforto térmico do ambiente construído a exemplo das casas populares, e diante das múltiplas e distintas prerrogativas, notadamente significativas, apresentadas pela vegetação, em especial, quando utilizada como elemento de revestimento de fachadas das construções enquanto estratégia bioclimática, o objetivo desta pesquisa é o de avaliar o desempenho térmico de habitação de interesse social revestida por vegetação natural, no município de Paragominas/PA. A metodologia consiste na simulação computacional de um projeto padrão de casa popular, configurada em dois modelos, sem e com a camada externa de vegetação, conforme os critérios estabelecidos pela NBR 15575/2021. Ao comparar os modelos simulados em um dia típico de verão, os resultados indicaram que o modelo com a fachada revestida por vegetação apresenta arrefecimento na temperatura interna diária do ambiente. Portanto, considera-se que o sistema vertical de vegetação estudado é uma estratégia bioclimática, sustentável e econômica, que pode contribuir de modo significativo no desempenho térmico do ambiente construído.

Palavras-Chave: Parede Verde, Estratégia Bioclimática, Simulação Computacional, Desempenho Térmico.

Abstract

In an attempt to know and disseminate potential sustainable, economic and promising solutions, which can benefit from the thermal comfort of the built environment, such as popular houses, and in view of the multiple and distinct prerogatives, remarkably significant, presented by vegetation, especially when used as element of cladding the facades of buildings as a bioclimatic strategy, the objective of this research is to evaluate the thermal performance of housing of social interest covered by natural vegetation, in the municipality of Paragominas/PA. The methodology consists of a computer simulation of a standard low-income housing project, configured in two models, without and with the outer layer of vegetation, according to the criteria established by NBR 15575/2021. When comparing the models simulated on a typical summer day, the results indicated that the model with the façade covered by vegetation presents cooling in the daily internal temperature of the environment. Therefore, it is considered that the studied vertical vegetation system is a bioclimatic, sustainable and economic strategy, which can significantly contribute to the thermal performance of the built environment.

Key-Words: Green Wall, Bioclimatic Strategy, Computational Simulation, Thermal Performance.

Resumen

En un intento por conocer y difundir potenciales soluciones sostenibles, económicas y prometedoras, que puedan beneficiarse del confort térmico del entorno construido, como las casas populares, y en vista de las múltiples y distintas prerrogativas, notablemente significativas, que presenta la vegetación, especialmente Cuando se utiliza como elemento de revestimiento de fachadas de edificios como estrategia bioclimática, el objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento térmico de viviendas de interés social cubiertas por vegetación natural, en el municipio de Paragominas/PA. La metodología consiste en una simulación por computadora de un proyecto de vivienda social estándar, configurado en dos modelos, sin y con la capa exterior de vegetación, según los criterios establecidos por la NBR 15575/2021. Al comparar los modelos simulados en un día típico de verano, los resultados indicaron que el modelo con fachada cubierta por vegetación presenta enfriamiento en la temperatura interna diaria del ambiente. Por tanto, se considera que el sistema de vegetación vertical estudiado es una estrategia bioclimática, sostenible y económica, que puede contribuir significativamente al comportamiento térmico del entorno construido.

Palabras clave: Muro Verde, Estrategia Bioclimática, Simulación Computacional, Desempeño Térmico.



1 Introdução

Entre tantas motivações pessoais que vão do apreço imensurável por plantas e ainda no período da graduação em arquitetura e urbanismo, na Universidade Federal do Pará, ter a oportunidade de iniciar o aprendizado sobre arquitetura sustentável, paisagismo, arquitetura bioclimática, conforto ambiental, dentre outras temáticas inerentes, em especial, o conforto térmico, a curiosidade determinante em pesquisar o tema “jardins verticais” originou-se com o encantamento visual ao presenciar pela primeira vez um muro revestido por vegetação.

E mesmo a vegetação apresentando tantos benefícios, além da estética e de conforto, observa-se que existem poucos exemplos de edificações no Pará com essa configuração, em que a fachada ou muro são revestidos por vegetação. Nesse sentido, a relevância desta pesquisa apresenta-se como sugestão para disseminar o uso da vegetação nas paredes externas das construções, sobretudo, em habitações de interesse social, contribuindo de modo significativo e sustentável no conforto térmico dos ocupantes.

Considera-se a habitação um bem de custo elevado e acesso seletivo, que exclui os grupos sociais desfavorecidos economicamente. Nesse sentido, observa-se a importância que o estado tem no desenvolvimento, reforma e adaptação para reduzir o déficit habitacional (PARAGOMINAS, 2020, p. 333). Por sua vez, Zina, Rosseti e Durante (2017) explicam que o déficit qualitativo se refere à qualidade do projeto, no qual não é considerado estudos e detalhamento sobre a orientação da casa no lote, nem sobre a organização interna do programa mínimo (sala, cozinha, área de serviço, dois quartos e banheiro). Por conseguinte, são executadas milhares de residências idênticas, que desconsideram a paisagem ou diversidade do local, e as necessidades dos futuros habitantes de tais casas.

Por outro ângulo, verifica-se que habitações de interesse social mais eficientes apresentam o potencial de beneficiarem o Brasil, nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais (CACCIA *et al.*, 2017). Entretanto, para reduzirem os custos tanto de projeto, quanto da construção, geralmente os projetos de Habitação de Interesse Social (HIS) desenvolvidos no país apresentam soluções padronizadas, em habitações unifamiliares e multifamiliares. Consequentemente, reitera-se que aspectos como as necessidades dos usuários, as características climáticas e a qualidade das habitações, imprescindíveis para o êxito das construções, não são consideradas (CACCIA *et al.*, 2017).

Explica-se que Paragominas, cidade que será a área de estudo desta pesquisa, concerne à Mesorregião Sudeste Paraense e à Microrregião de Paragominas, apresentando uma área de 19.330 quilômetros quadrados, 1,5% (PARAGOMINAS, 2020, p. 234), da superfície do Pará, abrangendo extensas florestas e belezas naturais, reflorestamentos, campos e plantios agrícolas. O município tem o clima do tipo mesotérmico e úmido. A temperatura média anual é elevada, em torno de 25° C. A média anual da temperatura máxima é de 33° C e a mínima anual é 22° C (PARAGOMINAS, 2020, p. 281). Além disso, menciona-se que a referida cidade é classificada na Zona Bioclimática 8, no Zoneamento Bioclimático Brasileiro, conforme a NBR 15575/2013.

Referente às soluções para reduzir a temperatura elevada, Matheus *et al.* (2016) ponderam que a vegetação tem sido empregada como estratégia de condicionamento ambiental passivo, integrando assim, um conjunto de estratégias bioclimáticas, usadas por diversos profissionais da construção civil. Desse modo, com a finalidade principal de propiciar conforto térmico, vários tipos de vegetação há séculos são usadas no mundo. Assim, o objetivo deste trabalho é o de avaliar o desempenho térmico de habitação popular revestida por vegetação, em Paragominas/PA, por meio da simulação de dois modelos, sem e com a vegetação externa, segundo os critérios estabelecidos pela NBR 15575/2021.

1.1 Arquitetura e Paisagismo Vertical

É uma prática milenar o emprego da vegetação integrada às construções. O tipo arquitetônico encontrado na antiga cidade da Babilônia, há quase três mil anos, é o exemplo mais antigo já documentado. Por sua vez, a prática mais recorrente atualmente, com a finalidade de integrar a vegetação ao edifício, é utilizá-la como um material de revestimento, diferentemente dos plantios arbóreos nos níveis na antiga Babilônia. Nesse sentido, a vegetação pode ser aplicada nas coberturas, denominada de teto verde, ou como revestimento de fachadas ou vedações no interior da construção, técnica conhecida como parede verde (SORTE, 2016).

Observa-se que as paredes verdes, conforme pode ser visto na Figura 1, são cada vez mais integradas à arquitetura, pelo uso da vegetação nas paredes de residências, edifícios comerciais, e instituições públicas, admitindo inúmeras combinações de cor, textura e formas, com múltipla possibilidade de espécies e atributos de vegetação e materiais. Além de impactar visualmente, a presença da vegetação nos edifícios enquanto parede verde, colabora na vida dos ocupantes da edificação e entorno imediato (SORTE, 2016).

Figura 1: Exemplos de paredes verdes.



Fonte: Pinterest, 2023.

1.2 Jardins Verticais

Verifica-se que a cobertura ou revestimento de fachadas por espécies vegetais possui múltiplas denominações, abrangendo nomes como: jardins verticais, sistemas de vegetação vertical, superfícies vegetadas, paredes verdes, paredes vivas, peles verdes, cortinas verdes, biofachadas, entre outros (KÖHLER, 2008; VALESAN, 2009; PERINI *et al.*, 2011; PÉREZ *et al.*, 2011; SCHERER, 2014; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015; BARBOSA; FONTES, 2016; MUÑOZ *et al.*, 2019; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020).

As designações jardim vertical, sistema de vegetação vertical e superfície vegetada incluem todos os sistemas de crescimento e desenvolvimento da vegetação em uma superfície vertical. E de modo mais abrangente, os jardins verticais podem também ser divididos em duas categorias básicas, em paredes verdes e paredes vivas, dependendo da forma de implementação, da complexidade de execução e da necessidade de manutenção (PERINI *et al.*, 2011; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015; BARBOSA; FONTES, 2016; SCHERER; ALVES; REDIN, 2018; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020).

Desse modo, elucida-se que os jardins verticais ou paredes vegetadas referem-se ao revestimento de alvenarias ou demais estruturas verticais, por meio de vegetação trepadeira ou de pequeno porte, em que as raízes do vegetal estão em contato direto com o solo ou substrato acondicionado em outros suportes, como floreiras ou cavidades (DUNNETT; KINGSBURY, 2004; SCHERER; ALVES; REDIN, 2018). Em relação aos sistemas extensivos, Scherer, Alves e Redin (2018) esclarecem que as fachadas

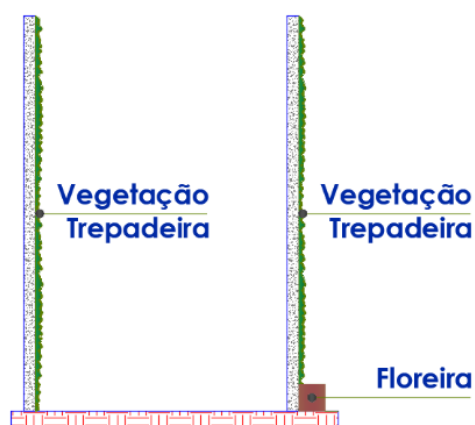
verdes diretas são o exemplo mais natural e tradicional de jardim vertical, em que uma vegetação trepadeira autoaderente desenvolve-se revestindo as alvenarias.

1.2.1 Parede Verde

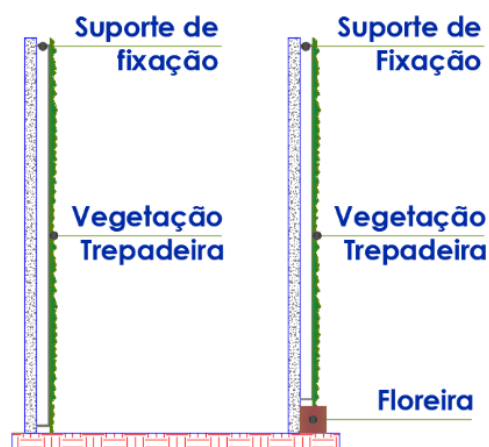
Considera-se que a parede verde, apresentada em diversas configurações na Figura 2, é um tipo de jardim vertical alusivo ao recobrimento de alvenarias e estruturas verticais por meio do plantio de vegetação autoaderente de modo direto em sua superfície ou com o auxílio de suportes. Em geral, as paredes verdes compõem um sistema extensivo, de simplificada construção e conservação, em que as raízes vegetais estão em contato direto com o solo ou com outro tipo de substrato, na base da estrutura, e que precisam de reduzido cuidado referente à nutrição e irrigação (DUNNETT; KINGSBURY, 2004; VALESAN, 2009; SCHERER; ALVES; REDIN, 2018; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020). Portanto, tais paredes não requerem um investimento elevado (KÖHLER, 2008; VALESAN, 2009; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020).

Figura 2: Tipos de Parede Verde.

Tipos de Parede Verde Direta



Tipos de Parede Verde Indireta



As Paredes Verdes Diretas referem-se ao modo mais natural e tradicional de jardim vertical, caracterizadas pelo uso de espécies de vegetação trepadeiras autoaderentes, que se desenvolvem enquanto revestimento que remete a uma pele verde (KÖHLER, 2008; VALESAN, 2009; SCHERER, 2014; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020). Por sua vez, as Paredes Verdes Indiretas, conhecidas também por cortinas verdes, correspondem aos sistemas em que se necessita a instalação de uma estrutura suporte, que pode variar conforme o material empregado e a sua disposição, onde a vegetação se desenvolve (SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020).

1.2.2 Parede Viva

Explica-se que as denominadas paredes vivas abrangem um sistema intensivo de construção e manutenção difícil, que acrescenta o meio de crescimento direto à envoltória das construções, em que as plantas ficam livres da dependência do solo (KÖHLER, 2008; VALESAN, 2009; BARBOSA; FONTES, 2016; MATHEUS *et al.*, 2016; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020). São classificadas em contínuas ou modulares, dependendo do modo da acomodação das espécies vegetais (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015; BARBOSA; FONTES, 2016; SOUSA; SOUZA; GOMES, 2020).

1.3 Benefícios do Paisagismo Vertical

Enumera-se muitas vantagens na instalação do jardim vertical, sejam benefícios tanto para o ambiente urbano, para a edificação ou para ambos simultaneamente. Referente ao ambiente urbano, algumas das vantagens são: o enriquecimento da qualidade do ar externo, a redução da ilha de calor, a ampliação da biodiversidade, além de benefícios estéticos para o edifício. Por sua vez, os benefícios para a edificação incluem: a proteção da estrutura da construção e da sua acústica, melhoria da eficiência energética e na qualidade do ar interno, e mais vantagens econômicas que valorizam a construção (SOUSA, 2012; MATUSITA; CARDOSO, 2017).

Em 25 anos de vida, é provável que sistemas de fachada verde, conforme exemplificados no Figura 3, consigam atingir um patamar de sustentabilidade abrangente, por intermédio de pesquisas a respeito dos sistemas verticais de vegetação em termos de recursos ambientais diretos e indiretos (PULSELLI *et al.*, 2014; MOGHADDAM *et al.*, 2021). Portanto, os Sistemas Verticais de Vegetação demonstram um elevado potencial de ser incorporados em projetos futuros de construção, mesmo que ainda enfrente vários desafios na instalação, manutenção, segurança contra incêndio (DAHANAYAKE; CHOW, 2015; LAU *et al.*, 2016; DAHANAYAKE; CHOW, 2017).

Figura 3: Exemplos de sistemas de fachada verde.



Fonte:
<https://br.pinterest.com/pin/3237030971606594/>



Fonte:
<https://br.pinterest.com/pin/323414816996008627/>



Fonte:
<https://br.pinterest.com/pin/11751649017682486/>

1.4 Paisagismo Vertical como Estratégia Bioclimática

Abe *et al.* (2020) elucidam que uma das soluções mais significativa, para os problemas ambientais em lugares em que o verão é longo, é a mitigação da carga de calor nas paredes das construções. Desse modo, reiteram que reduzir a carga térmica das paredes externas de um edifício contribuirá para o conforto térmico no interior dos ambientes dessa edificação, e assim, sendo uma das iniciativas imprescindível para garantir o conforto do morador.

Verifica-se então, que o método de arrefecimento térmico a partir da tecnologia de construção pode melhorar o desempenho térmico de janelas, telhados e paredes, e por sua vez, o 'esverdeamento' vegetal das construções é considerado um dos métodos de mitigação térmica (ABE *et al.*, 2020). A vegetação tem o potencial de estabilizar os efeitos do clima em suas adjacências imediatas, reduzindo os extremos ambientais. Além disso, contribui no arrefecimento da temperatura do ar, absorve energia, beneficia na manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico indispensável à renovação do ar (ROMERO, 2000).



Frota e Schiffer (2001) elucidam que é necessário determinar a posição do Sol, para o local elegido, na época do ano em que se almeja impedir seus raios diretos, para proteção da envoltória de uma construção, tanto com elementos construídos ou com vegetação. Avalia-se que referente a qualquer superfície construída, uma área gramada pode absorver maior quantidade de radiação solar, e assim irradiar uma quantidade reduzida de calor, considerando que a maior parte da energia absorvida pelas folhas é aproveitada para seu processo metabólico. Diferente de outros materiais em que toda a energia absorvida é transformada em calor (ROMERO, 2000). Observa-se em localidades em que o clima quente é predominante, é imperativo evitar que a radiação solar direta, alcance as edificações e adentre nos ambientes de modo excessivo, para prevenir os elevados ganhos de calor (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Diversas pesquisas (IP *et al.*, 2010; KATO *et al.*, 2012; INOUE *et al.*, 2012; SUZUKI *et al.*, 2015; KATO *et al.*, 2016) demonstraram o efeito da mitigação térmica interna pela parede verde. Ip, Lam e Miller (2010) verificaram que as paredes verdes apresentam alta capacidade de remover o calor interno. Além disso, Kato *et al.* (2012) pesquisaram a melhoria térmica do ambiente interno por meio de um experimento desenvolvido com uma parede verde em um condomínio (ABE *et al.*, 2020).

Vários estudiosos (SUZUKI *et al.*, 2015; KATO *et al.*, 2016; WONG; BALDWIN, 2016; RIJAL *et al.*, 2019) conferiram que as paredes verdes além de contribuírem na redução térmica, influenciam positivamente na consciência do ocupante. Por sua vez, Wong e Baldwin (2016) constataram que a parede verde propiciou economia de energia em condomínios de grande porte na região tropical, além da mitigação térmica (ABE *et al.*, 2020).

Verifica-se que determinados estudos referentes a fachadas verdes na região do Mediterrâneo apresentaram uma plausível redução na temperatura da superfície acima de 10,8°C (EUMORFOPOULOU; KONTOLEON, 2009; MOGHADDAM *et al.*, 2021). Os pesquisadores compararam também uma fachada verde com trepadeiras, a uma fachada 'nua', concluindo que as temperaturas da superfície da fachada verde eram até 15,5°C mais baixas em relação as fachadas nuas, e as paredes internas eram de até 1,7°C inferior (HOELSCHER *et al.*, 2016; MOGHADDAM *et al.*, 2021). No entanto, considera-se recentes as pesquisas referentes ao desempenho térmico das fachadas verdes, além de serem desenvolvidas em vários locais do mundo, causando dificuldade na sistematização e comparação dos resultados, por causa da multiplicidade de processos metodológicos e dos parâmetros analisados (MUÑOZ *et al.*, 2019).

Assim, comenta-se que além do contato com as plantas ser muito vantajoso para a saúde humana, a incorporação de telhados verdes e jardins verticais beneficia consideravelmente os ambientes urbanos, que abrange a retenção de escoamento superficial de água, diminuição do efeito de ilha de calor urbana, e acréscimo da biodiversidade urbana (CITY, 2012; DAVIS *et al.*, 2019). Na prática da arquitetura bioclimática, a vegetação é uma estratégia de relevância, uma vez que proporciona melhoria do conforto térmico, e por conseguinte, a economia de energia.

2 Procedimentos Metodológicos

O método aborda a simulação computacional das temperaturas internas, em um dia típico de verão, por intermédio dos programas *OpenStudio* versão 3.1.0 e *EnergyPlus* versão 9.4.0, de um modelo padrão de habitação de interesse social unifamiliar implantado no município de Paragominas/PA, conforme exibido no Figura 4, configurado e simulado em duas situações: sem e com o sistema vertical de vegetação, para comparação dos resultados obtidos.

Figura 4: Habitação de Interesse Social no Conjunto Morada do Sol, em Paragominas/PA.

Fonte:
<http://blogoficialdeparagominas.blogspot.com/2011/10/secretaria-de-assistencia-social.html>



Fonte:
<http://blogoficialdeparagominas.blogspot.com/2011/10/chamada-aos-beneficiarios-do.html>



Fonte:
<http://blogoficialdeparagominas.blogspot.com/2011/05/>

Sousa, Souza e Gomes (2020) explicam que a simulação computacional é efetivada para conferir a influência de estratégias de projeto que tendem a melhorar o desempenho térmico das construções, a fim de oferecer conforto térmico correspondente aos ocupantes. Nesse sentido, verificou-se o uso da vegetação enquanto elemento de fachada. Logo, o sistema vertical de vegetação considerado para o desenvolvimento desta pesquisa foi o do tipo fachada verde direta, em que a vegetação trepadeira autoaderente desenvolve-se cobrindo a superfície, conforme explicado anteriormente. Reitera-se que dentre as opções de jardim vertical, esta tipologia foi eleita para a simulação nesta pesquisa, por ser a que apresenta maior simplicidade na execução e manutenção, e com o menor custo, características propícias para o uso em fachadas de habitação de interesse social sustentável.

2.1 Estudo de Caso

Segundo o Programa ZBBR (2004), Paragominas/PA apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude -02,99; Longitude 47,35; Altitude 90 m. E referente às condições de conforto, com base nas informações adquiridas em PROJETEEE (2021) apresentadas na Figura 5, Paragominas/PA demonstra 1% do ano em desconforto por frio, 16% do ano em conforto térmico, e 83% do ano em desconforto por calor. Logo, constata-se o quanto é imperativo aplicar as estratégias bioclimáticas, por intermédio de soluções sustentáveis, econômicas, que são potenciais alternativas para reduzir o desconforto térmico no ambiente construído.

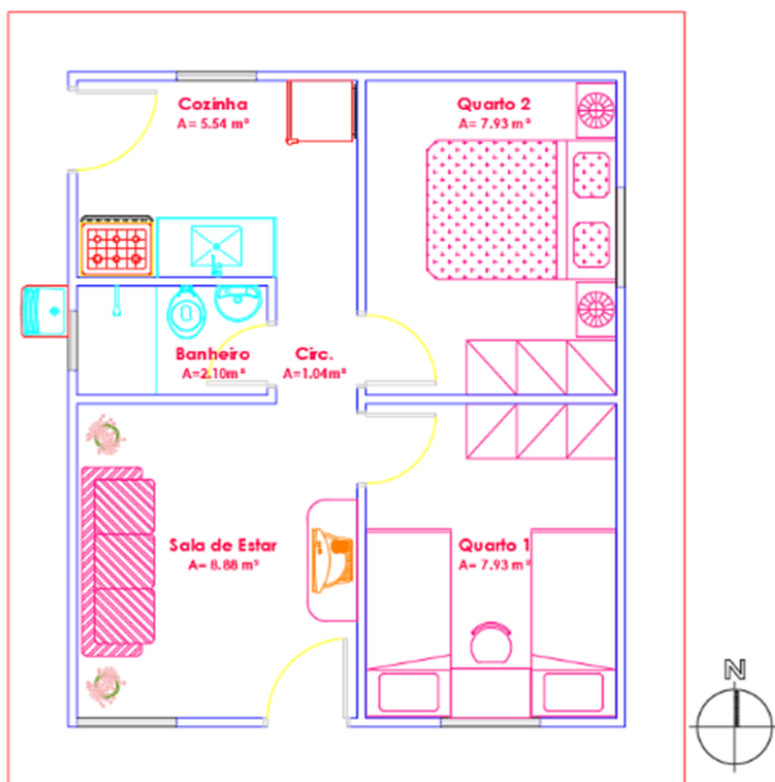
Figura 5: Condições de Conforto em Paragominas/PA.

Fonte: PROJETEEE, 2021.



Desse modo, o modelo utilizado para o desenvolvimento das simulações computacionais refere-se a um projeto padrão de unidade habitacional popular (CAIXA, 2006), inserido no Programa Minha Casa Minha Vida - MCMV, do Governo Federal. O exemplo proposto e exposto na Figura 6 para a simulação e análise corresponde a uma unidade habitacional popular, conforme os parâmetros do Programa MCMV, localizada no município de Paragominas/PA, e que dispõe dos seguintes ambientes: sala, cozinha, banheiro e dois quartos, abrangendo uma área total de aproximadamente 36,84 m². E as especificações básicas do modelo em estudo são: alvenaria em blocos de concreto de 9 x 19 x 39 cm; cobertura em telhas cerâmicas tipo plan. O pé-direito é de 2.80 m.

Figura 6: Projeto padrão de casa popular do Programa MCMV.

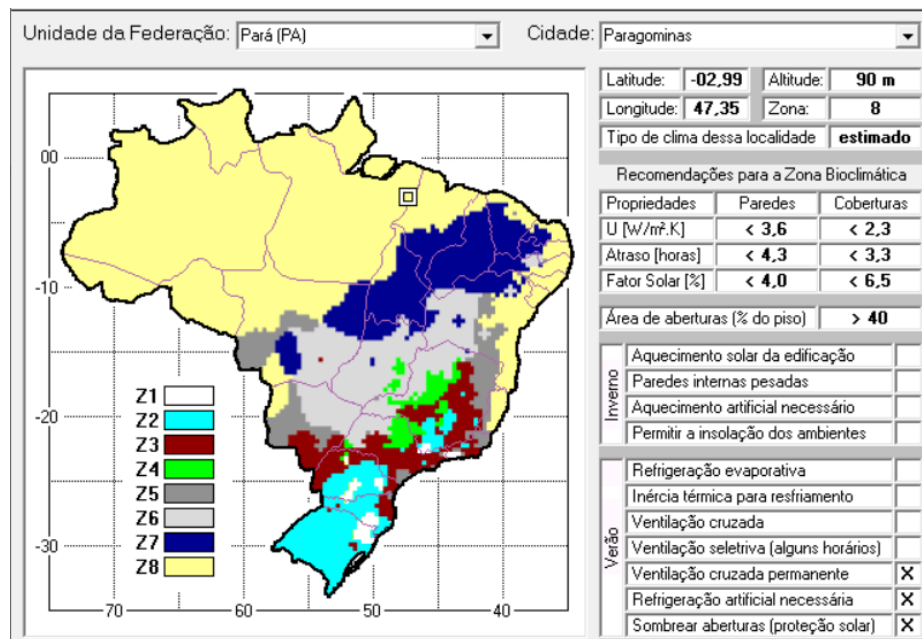


Fonte: adaptado de Caixa,

2.2 Parâmetros de Simulação

2.2.1 Dados de Entrada

Para o desenvolvimento desse estudo, utilizou-se o arquivo climático (LAWRIE; CRAWLEY, 2019) de Paragominas/PA para a simulação computacional, e considerou-se as condições climáticas do Zoneamento Bioclimático Brasileiro previstas na NBR 15575/2013, em que o município de Paragominas/PA, ao apresentar o clima extremo de verão, corresponde a Zona Bioclimática 8 (ZB8), conforme apresentado na Figura 7.

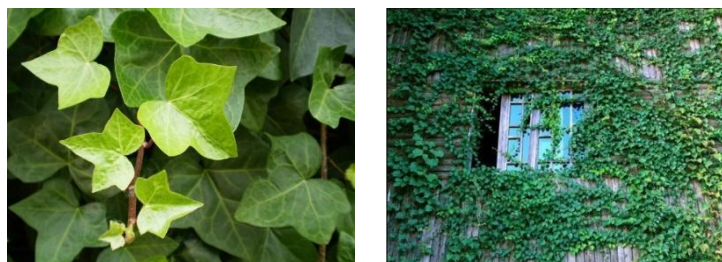
Figura 7: Classificação Bioclimática da cidade de Paragominas/PA.

Fonte: Programa ZBBR (2004).

2.2.2 Método de Avaliação

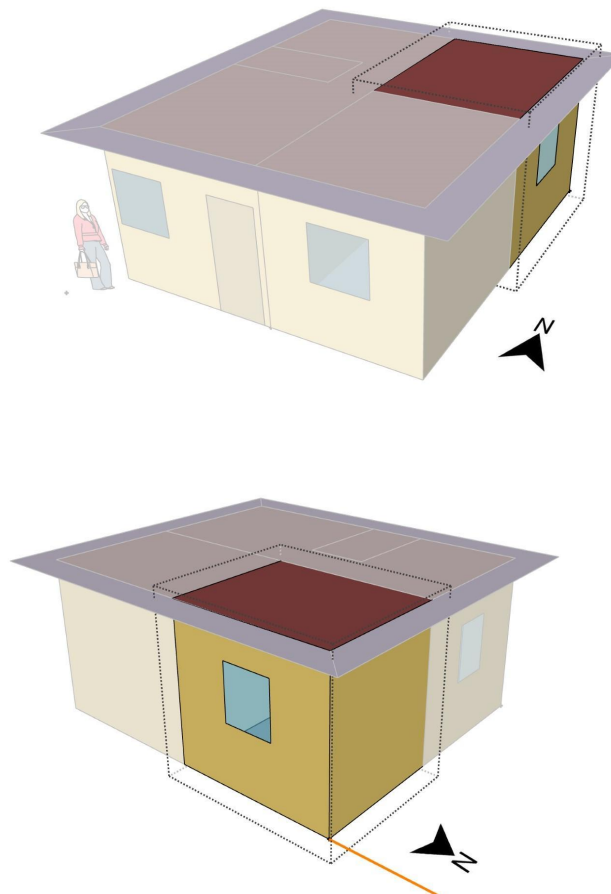
O método de avaliação consistiu na configuração e simulação de dois modelos, um modelo base (M01), sem a vegetação, e o segundo modelo (M02) com a camada de revestimento externo de vegetação, do tipo parede verde direta. Em seguida, os dois modelos foram comparados segundo o percentual de horas dentro da faixa de temperatura operativa para a cidade de Paragominas/PA, conforme os critérios estabelecidos pela NBR 15575/2021, e avaliados referente aos Níveis de Desempenho, conforme os requisitos da NBR 15575/2013.

É importante explicar que de modo semelhante ao que foi considerado no estudo de Sousa, Souza e Gomes (2020), para a simulação e análise dos resultados desta pesquisa, considerou-se as características termo físicas dos componentes construtivos do modelo M01, seguindo informações apresentados na NBR 15220/2005. Por conseguinte, o estudo de Yoshimi e Altan (2011), autores que desenvolveram, por meio do software de simulação ambiental ECOTECT, um modelo térmico da vegetação *Hedera helix*, exibida na Figura 8, que subsidiou as informações referentes as propriedades térmicas da vegetação, necessárias para simulação do modelo M02.

Figura 8: Vegetação *Hedera Helix*.Fonte: <https://www.sitiodamata.com.br/hera-inglesa>

Nesse sentido, o modelo M01, constitui de paredes externas de bloco de concreto, revestidas com 2 cm de argamassa em ambas as faces, enquanto o modelo M02, apresenta a mais, uma camada externa de vegetação. A seguir, verificou-se pontualmente os perfis de temperatura operativa interna de um ambiente de permanência prolongada (APP), nesse caso, um dormitório que apresenta duas fachadas expostas, uma orientada à Norte e a outra, à Leste, da unidade habitacional em estudo, apresentada na Figura 9, em um dia típico de verão (21 de outubro – adquirido por meio do arquivo de extensão DDY).

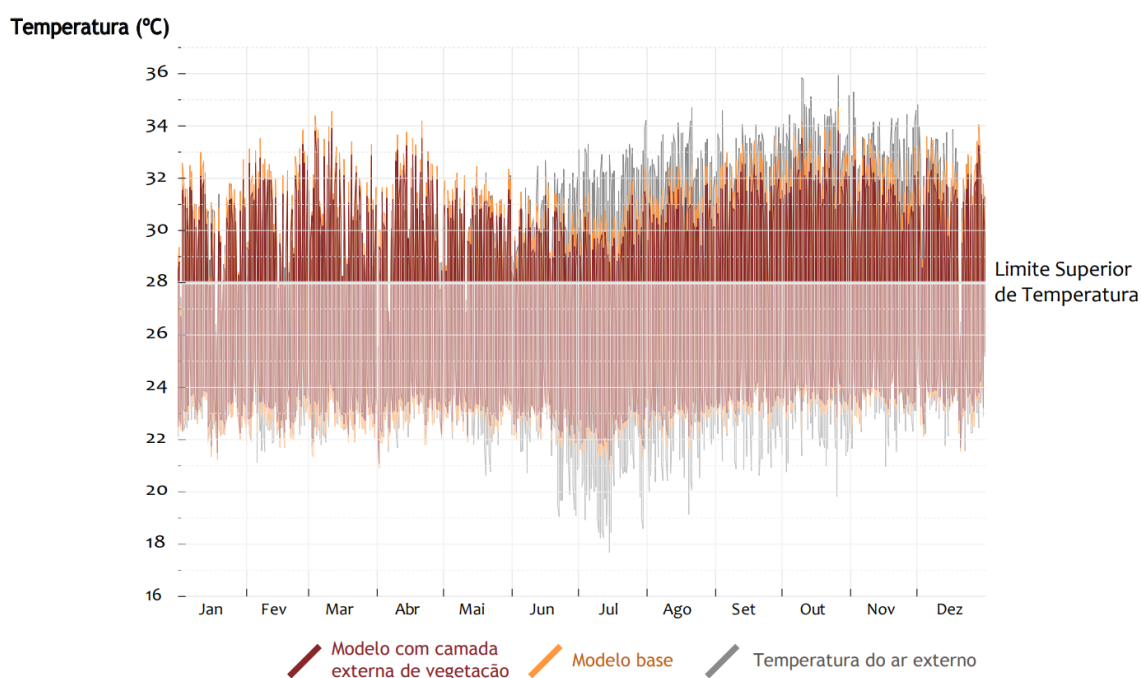
Figura 9: Modelo geométrico desenvolvido no programa *Sketchup* 2019 utilizando o plugin do *Openstudio*.



Pontua-se que a NBR 15575/2021 determina três intervalos com limites máximos e mínimos de temperatura interna, estabelecidos em função da média de temperatura externa da cidade de implantação do projeto. Essa média é de 26,36°C no caso de Paragominas/PA, calculada a partir dos dados extraídos no arquivo climático Paragominas PA BRA INMET WMO#=817450, em formato EPW, utilizado para simulação e adquirido em climate.onebuilding.org, constituindo-se, portanto, de somente um limite superior de temperatura de 28°C. De tal modo, calculou-se o percentual de horas ocupadas em um dormitório que excedem esta temperatura nos dois modelos simulados.

Ao conferir os perfis de temperatura durante o ano todo, nota-se uma diferença sutil entre os valores de temperatura do modelo M01 e do modelo M02. Percebe-se uma ligeira redução nos picos de temperatura, e um breve aumento nas temperaturas mínimas. Entretanto, verifica-se na Figura 10 que para os dois modelos simulados, foi de 72% o percentual anual de horas acima do limite superior de 28°C.

Figura 10: Comparação dos perfis de temperatura anual dos modelos M01 e M02 evidenciando valores acima do limite superior de temperatura segundo NBR15575/2021.



3 Resultados e Discussões

Explica-se que Sousa, Souza e Gomes (2020) avaliaram o desempenho térmico de quartos orientados a oeste de um edifício habitacional de 4 pavimentos por meio de três modelos, sendo um modelo base, sem vegetação, e os demais com as duas tipologias de parede verde: direta e indireta. Tais modelos foram simulados considerando as condições climáticas, em dias típicos de verão e inverno, de três zonas bioclimáticas brasileiras: Zona Bioclimática 1 (ZB1); Zona Bioclimática 3 (ZB3); e Zona Bioclimática 8 (ZB8), representadas respectivamente pelas cidades de Curitiba/PR, São Paulo/SP e Manaus/AM. Além disso, estes autores consideraram na simulação o efeito da umidade da vegetação na envoltória.

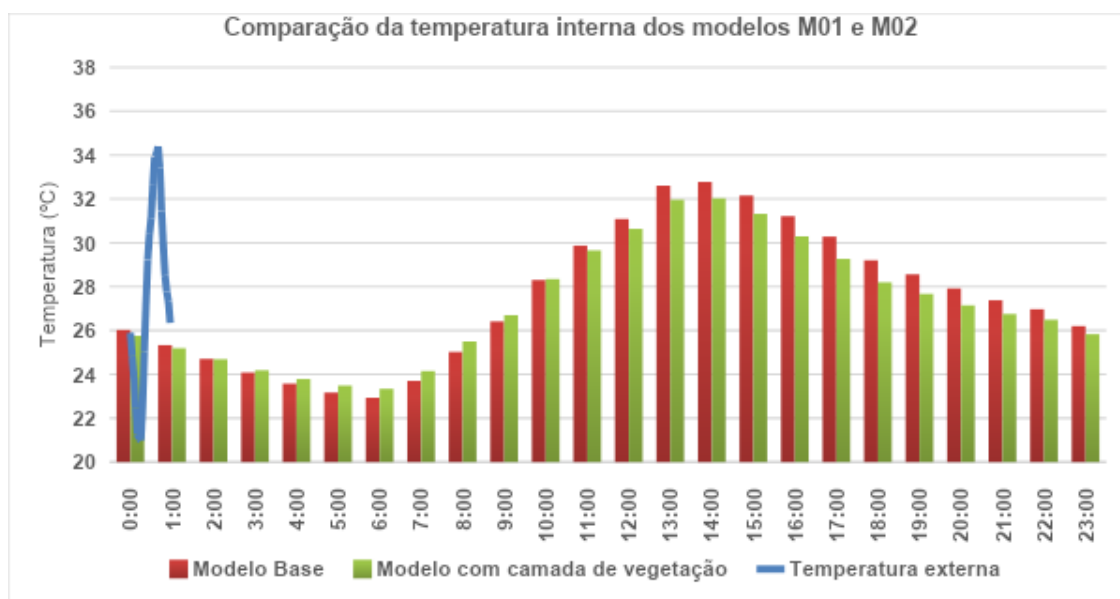
É interessante reiterar que, diferente do estudo de Sousa, Souza e Gomes (2020), esta pesquisa simulou apenas dois modelos, um sem e outro com revestimento externo vegetal, que por sua vez, não levou em consideração a umidade da vegetação. Assim, elucida-se que a referida análise considera somente as trocas de calor por condução e radiação, por intermédio da caracterização das propriedades térmicas dos materiais que representam as camadas dos componentes construtivos. Ao desenvolver-se um modelo computacional de simulação adequado para considerar também as trocas por umidade, para ser possível identificar com mais exatidão o desempenho térmico da vegetação enquanto camada externa de revestimento, conseqüentemente, seria possível alcançar maior precisão nos dados de saída da simulação.

Nesse sentido, comparando os dois modelos simulados em um dia típico de verão, percebe-se uma redução de aproximadamente 0,7°C no valor máximo de temperatura interna, às 14 horas. O modelo M01 (sem camada externa de vegetação) apresentou um valor máximo de 32,7 °C, enquanto no modelo M02 (com camada externa de vegetação) esse valor máximo foi de 32,0 °C, apresentados na Tabela 1 e no Gráfico 1. Os resultados indicaram ainda que nos horários de 17 h e 18 h, ocorreu uma redução máxima de 1 °C na temperatura interna, ao comparar os modelos M01 e o M02.

Tabela 1: Comparação das temperaturas internas dos modelos M01 e M02 para um dia típico de verão para a cidade de Paragominas/PA.

Horário	Te (°C)	Ti M01 (°C)	Ti M02 (°C)	Redução da Ti (°C)
00:00	25,90	26,02	25,76	0,27
01:00	24,82	25,33	25,19	0,14
02:00	23,88	24,71	24,69	0,02
03:00	22,45	24,08	24,18	-0,10
04:00	21,29	23,57	23,79	-0,21
05:00	21,06	23,17	23,49	-0,32
06:00	20,98	22,93	23,34	-0,41
07:00	22,42	23,70	24,15	-0,45
08:00	25,02	25,02	25,50	-0,48
09:00	27,21	26,41	26,70	-0,29
10:00	29,23	28,30	28,35	-0,05
11:00	30,39	29,87	29,64	0,23
12:00	31,13	31,09	30,64	0,45
13:00	32,61	32,60	31,96	0,64
14:00	33,93	32,78	32,02	0,76
15:00	34,01	32,15	31,32	0,83
16:00	34,38	31,21	30,30	0,91
17:00	33,40	30,28	29,27	1,01
18:00	31,47	29,20	28,19	1,01
19:00	29,87	28,56	27,67	0,89
20:00	28,50	27,91	27,14	0,77
21:00	27,77	27,38	26,75	0,63
22:00	27,31	26,97	26,49	0,48
23:00	26,34	26,20	25,83	0,37

Gráfico 1: Comparação das temperaturas internas dos modelos M01 e M02 para um dia típico de verão para a cidade de Paragominas/PA.



Em relação às temperaturas internas máximas e mínimas apresentadas na Tabela 2, o modelo M01 alcançou a temperatura interna máxima de 32,7 °C e a temperatura interna mínima de 22,9 °C, enquanto o modelo M02 obteve a temperatura máxima de 32,0 °C e 23,3 °C de temperatura interna mínima. Nota-se que o modelo revestido com vegetação direta apresenta temperaturas internas mais atenuadas comparadas ao modelo base sem vegetação, no intervalo entre 11 horas da manhã e 2 horas da madrugada, sendo que as reduções mais significativas ocorrem a partir das 13 horas da tarde até às 21 horas da noite.

Tabela 2: Temperaturas internas máximas e mínimas dos modelos M01 e M02.

Cidade/UF	Zona Bioclimática Brasileira	Dia Típico de Verão	Temperatura Externa		Modelo M01		Modelo M02	
			Te,máx. °C	Te,min. °C	Ti,máx. °C	Ti,min. °C	Ti,máx. °C	Ti,min. °C
Paragominas/PA	ZB 8	21 de Outubro	34,3	21	32,7	22,9	32,0	23,3

Ao avaliar os resultados obtidos de temperaturas internas máximas dos modelos simulados M01 e M02 segundo os critérios recomendados da NBR 15575/2013 referentes aos Níveis de Desempenho, observa-se na Tabela 3 que os dois modelos avaliados atendem aos Níveis Mínimo e Intermediário de desempenho térmico sob as condições de verão, para a Zona Bioclimática ZB8. Contudo, apenas o modelo M02 atendeu ao Nível Superior de desempenho térmico, comprovando que dentre os dois modelos analisados, o modelo revestido com vegetação apresenta maior conforto térmico ao ocupante.

Tabela 3: Comparação dos resultados obtidos dos modelos M01 e M02.

Cidade/UF	ZBB	Nível de Desempenho	Crítérios da NBR 15575/2013	Modelo M01	Modelo M02
Paragominas/PA	ZB 8	Mínimo (M)	Ti, máx. ≤ Te, máx.	32,7 ≤ Te, máx.	32,0 ≤ Te, máx.
		Intermediário (I)	Ti,máx. ≤ (Te,máx. - 1°C)	32,7 ≤ (Te,máx. - 1°C)	32,0 ≤ (Te,máx. - 1°C)
		Superior (S)	Ti,máx. ≤ (Te,máx. - 2°C)	32,7 ≥ (Te,máx. - 2°C)	32,0 ≤ (Te,máx. - 2°C)

Em relação aos resultados obtidos na pesquisa de Sousa, Souza e Gomes (2020), em especial, na avaliação do modelo base comparado ao modelo com tipologia de parede verde direta, para o dia típico de verão da zona bioclimática 8, que a diminuição da temperatura interna foi de 0,7 °C às 18 horas, horário registrado da temperatura interna mais elevada. E ao considerarem o efeito da transferência de umidade por meio da envoltória, constataram a significativa influência do mecanismo de evapotranspiração das plantas no arrefecimento da temperatura interna do ambiente construído, já que os resultados demonstraram uma redução de 2,4 °C para a cidade de Manaus/AM.

4 Conclusão

Conforme foi comprovado por estudos citados anteriormente, esta pesquisa também constatou que a parede verde do tipo direta colabora na redução da temperatura interna do ambiente construído em uma cidade classificada na ZB8 que apresenta o clima quente, por meio da simulação computacional, com base nos critérios estabelecidos pela NBR 15575/2021, e comparação de dois modelos, um sem e outro com a camada externa de vegetação.

Embora no presente estudo não tenha sido considerado na simulação o efeito da transferência de umidade da vegetação por meio da envoltória, os resultados foram promissores, uma vez que o modelo M02, que foi simulado com a camada de vegetação, atendeu aos requisitos da NBR 15575/2013, em todos os Níveis de Desempenho: Mínimo, Intermediário e Superior, enquanto o modelo M01, que por sua vez não tem a camada de vegetação, não atingiu ao Nível Superior de Desempenho da NBR 15575/2013.



Nesse sentido, a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, conclui-se que a parede verde apresenta significativo potencial como elemento contribuinte no desempenho térmico do ambiente construído, sobretudo, no verão. A vegetação enquanto camada externa da envoltória, além de múltiplos benefícios, funcionar como sistema de sombreamento, reduz o aquecimento solar diurno, e assim colabora atenuando os ganhos de calor da edificação e, por sua vez, amortiza a temperatura ambiente interna diária no verão, propiciando conforto térmico ao ocupante.

Constata-se que aplicar o sistema de parede verde direta de vegetação, enquanto estratégia bioclimática para contribuir no desempenho térmico da construção, consiste numa alternativa sustentável e econômica para a melhoria do conforto térmico, sobretudo, de casas populares em Paragominas/PA. Todavia, sugere-se para pesquisas futuras a simulação e avaliação de um modelo M03 em que será considerado o efeito da transferência de umidade da vegetação no ambiente construído, para aquisição de resultados mais expressivos de redução de temperatura interna comparado ao modelo M02.

5 Referências

ABE, H.; RIJAL, H.B.; HIROKI, R.; IJIMA, K.; OHTA, A. Thermal Mitigation of the Indoor and Outdoor Climate by Green Curtains in Japanese Condominiums. **Climate** 2020, 8, 8. <https://doi.org/10.3390/cli8010008>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/8>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações – 5 Partes. Rio de Janeiro, 2005. 92 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 381 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:2013 Emenda 1:2021**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021. 48 p.

BARBOSA, M. C.; FONTES, M. S. G. de C. Jardins verticais: modelos e técnicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 114–124, 2016. DOI: 10.20396/parc.v7i2.8646304. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8646304>. Acesso em: 29 out. 2021.

CACCIA, Lara Schmitt; EVERS, Henrique; FERNANDES, Camila Schlatter; BETTI, Luana Priscila. SUSTENTABILIDADE EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: Benefícios e custos de medidas para eficiência no consumo de água e energia. **WRI Brasil**, WRICIDADES.ORG, dezembro de 2017, 1ª edição. Disponível em: https://wribrasil.org.br/sites/default/files/Sustentabilidade-em-Habitacao-de-Interesse-Social_mar18.pdf. Acesso em: 30 maio 2021.

CAIXA. Cadernos CAIXA, Projeto padrão – casas populares. **GIDUR/VT**, Vitória – ES, fev. 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/677613-Cadernos-caixa-projeto-padrao-casas-populares.html>. Acesso em: 23 out. 2021.

CITY of Sydney (2012). **Green roofs and walls strategy**. Disponível em: <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/environmental-support-funding/green-roofs-and-walls>. Acesso em: 01 ago. 2021.

DAHANAYAKE, K.W.D.K.C.; CHOW, C.L. 63: A brief discussion on current vertical greenery systems in Hong Kong: the way forward. 14th **Int. Conf. Sustain. Energy Technol.** (SET2015), 25–27 August 2015, Nottingham, UK (2015), p. 136. Disponível em: nottingham-repository.worktribe.com/preview/802126/SET2015%20Book%20of%20Proceedings%20



Volume%20III.pdf#page=136. Acesso em: 01 ago. 2021.

DAHANAYAKE, K.W.D. Kalani C.; CHOW, Cheuk Lun. Studying the potential of energy saving through vertical greenery systems: Using EnergyPlus simulation program. **Energy and Buildings**, Volume 138, 2017, Pages 47-59, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816317480>. Acesso em: 29 jul. 2021.

DAVIS, M.M.; ESPINOSA, A.L. Vallejo; RAMIREZ, F.R. Beyond green façades: active air-cooling vertical gardens. **Smart and Sustainable Built Environment**, (2019), Vol. 8 No. 3, pp. 243-252. <https://doi-org.ez3.periodicos.capes.gov.br/10.1108/SASBE-05-2018-0026>. Disponível em: www-emerald.ez3.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/SASBE-05-2018-0026/full/html. Acesso em: 29 jul. 2021.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls**. Portland: Timber Press, 2004.

EUMORFOPOULOU, E.; KONTOLEON, K. Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. **Building and Environment**, Volume 44, Issue 5, 2009, Pages 1024-1038, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001807>. Acesso em: 01 ago. 2021.

ENERGYPLUS™. Is a whole building energy simulation program that engineers, architects, and researchers use to model both energy consumption. **Versão 9.4.0**. EnergyPlus is funded by the U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO), and managed by the National Renewable Energy Laboratory (NREL). Disponível em: <https://energyplus.net/downloads>. Acesso em: 27 out. 2021.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5ª Edição. São Paulo: Studio Nobel, 243 p, 2001.

HOELSCHER, M.-T.; NEHLS, T.; JÄNICKE, B.; WESSOLEK, G. Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. **Energy and Buildings**, Volume 114, 2016, Pages 283-290, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.047>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815300761>. Acesso em: 01 ago. 2021.

INOUE, H.; NISHIZAKA, Y. Consciousness analysis for growing green curtain using keygraph and its application to social research. **Proc. Fuzzy Syst. Symp.** 2012, 28, 773-778, https://doi.org/10.14864/fss.28.0_773. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/fss/28/0/28_773/_article. Acesso em: 01 ago. 2021.

IP, K.; LAM, M.; MILLER, A. Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. **Building and Environment**, Volume 45, Issue 1, 2010, Pages 81-88, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230900122X>. Acesso em: 01 ago. 2021.

KATO, M.; KUWASAWA, Y.; ISHII, N.; HINO, K.; HASHIMOTO, T.; IKEDA, K. The cooling effect of green curtain on the indoor thermal environment in the apartment building. **J. Jpn. Soc. Reveg. Technol.** 2012, 38, 39-44, <https://doi.org/10.7211/jjsrt.38.39>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt/38/1/38_39/_article/-char/ja/. Acesso em: 01 ago. 2021.

KATO, M.; ISHII, N.; KUWASAWA, Y.; HASHIMOTO, T.; KURIHARA, M. The influence of visual stimulation by installing green curtain on the evaluation of indoor thermal environment. **Aij J. Technol. Des.** 2016, 22, 559-564, <https://doi.org/10.3130/aijt.22.559>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/22/51/22_559/_article/-char/ja/. Acesso em: 01 ago. 2021.

KÖHLER, M. Green façades: a view back and some visions. **Urban Ecosyst** 11, 423 (2008).



<https://doi.org/10.1007/s11252-008-0063-x>. Disponível em:
<link.springer.com/article/10.1007/s11252-008-0063-x#citeas>. Acesso em: 01 ago. 2021.

KONTOLEON, K.J.; EUMORFOPOULOU, E.A. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. **Building and Environment**, Volume 45, Issue 5, 2010, Pages 1287-1303, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309003382>. Acesso em: 01 ago. 2021.

LAU, Denvid; QIU, Qiwen; ZHOU, Ao; CHOW, Cheuk Lun. Long term performance and fire safety aspect of FRP composites used in building structures. **Construction and Building Materials**, Volume 126, 2016, Pages 573-585, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816314593>. Acesso em: 01 ago. 2021.

LAWRIE, Linda K; CRAWLEY, Drury B. Development of Global Typical Meteorological Years (**TMYx**). 2019. Arquivo Climático: Paragominas PA BRA INMET WMO#=817450. Disponível em: <http://climate.onebuilding.org>. Acesso em: 27 out. 2021.

MANSO, Maria; CASTRO-GOMES, João. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 41, 2015, Pages 863-871, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114006637>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MATHEUS, Carla; CAETANO, Fernando Durso Neves; MORELLI, Denise Damas de Oliveira; LABAKI, Lucila Chebel. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro. **Ambiente construído** 16 (1), Jan-Mar 2016. doi: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100061>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/FqVms359KbG9rSF6q4NZcHj/?lang=pt>. Acesso em: 27 abril 2021.

MATUSITA, Gabriela Cardias Figueiredo; CARDOSO, Sandra Magda Mattei. Aproximações teóricas: a vegetação como estratégia bioclimática em espaços construídos. 5º **Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade nas Ciências Sociais**, 21,22 e 23 de junho de 2017. ISSN 2318-0633. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/contemporaneidade/anais/594c07850822c.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2020.

MOGHADDAM, F. Bagheri; MIR, J.M. Fort; DELGADO, I. Navarro; DOMINGUEZ, E. Redondo. Evaluation of Thermal Comfort Performance of a Vertical Garden on a Glazed Façade and Its Effect on Building and Urban Scale, Case Study: Na Office Building in Barcelona. **Sustainability** 2021, 13, 6706. <https://doi.org/10.3390/su13126706>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/12/6706>. Acesso em: 28 jul. 2021.

MUÑOZ, L. S.; CRUCIOL BARBOSA, M.; FONTES, M. S. G. de C.; FARIA, J. R. G. de. Desempenho térmico de jardins verticais de tipologia fachada verde. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019013, 2019. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8652775. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652775>. Acesso em: 28 jul. 2021.

OPENSTUDIO®. Is a cross-platform (Windows, Mac, and Linux) collection of software tools to support whole building energy modeling using EnergyPlus and advanced daylight analysis using Radiance. **Versão 3.1.0**. OpenStudio® is developed in collaboration by NREL, ANL, LBNL, ORNL, and PNNL. OpenStudio® is a registered trademark of the Alliance for Sustainable Energy, LLC. Disponível em: <https://openstudio.net/downloads>. Acesso em: 27 out. 2021.

PARAGOMINAS, Prefeitura de. **Diagnóstico da realidade municipal: Anexo 03 do Projeto de Lei de Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – Paragominas - 2020**. Semírames Silva Nogueira Lima: Responsável Técnico – Consultoria Contratada. Antônio Maria de Oliveira Barbosa:



Coordenador Geral da Revisão do Plano Diretor. Caderno 02 – Capítulos 3 a 6, junho 2020. Prefeitura de Paragominas. Disponível em: <https://paragominas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/CADERNO-02-DIAGN%C3%93STICO-D-A-REALIDADE-MUNICIPAL-CAP%C3%8DTULOS-3-a-6.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

PÉREZ, Gabriel; RINCÓN, Lída; VILA, Anna; GONZÁLEZ, Josep M.; CABEZA, Luisa F. Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate. **Energy Conservation and Management**, v. 52, n. 4, p. 1861-1867, (2011). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.11.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019689041000508X?via%3Dihub>. Acesso em: 29 out. 2021.

PERINI, K.; OTTELÉ, M.; FRAAIJ, A. L. A.; HAAS, E. M.; RAITERI, R. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. **Building and Environment**, v. 46, p. 2287-2294, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231100148X?via%3Dihub>. Acesso em: 29 out. 2021.

PROJETEEE: Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Conheça soluções bioclimáticas para projetar edificações energeticamente eficientes: PA - Paragominas. **PROJETEEE**, 2021. Desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina, em parceria com: LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações; Calebe Design; Creado. Disponível em: http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=PA++Paragominas&id_cidade=bra_pa_parago minas.817450_inmet. Acesso em: 15 out. 2021.

PULSELLI, R.M.; MAZZALI, U.; PERON, F.; BASTIANONI, S. Energy based evaluation of environmental performances of Living Wall and Grass Wall systems. **Energy and Buildings**, Volume 73, 2014, Pages 200-211, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.034>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814000723>. Acesso em: 01 ago. 2021.

RIJAL, H.B.; HUMPHREYS, M.A.; NICOL, J.F. Adaptive model and the adaptive mechanisms for thermal comfort in Japanese dwellings. **Energy and Buildings**, Volume 202, 2019, 109371, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109371>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778819315269>. Acesso em: 01 ago. 2021.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Editora: CopyMarket.com, 2000.

SCHERER, Minéia Johann; ALVES, Thales Severo; REDIN, Janaína. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 84-101, out. 2018. ISSN 2318-1109. doi:<https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693>. Acesso em: 30 out. 2021.

SCHERER, M. J. **Cortinas Verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações**. 2014. 187 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/109023>. Acesso em: 29 out. 2021.

SCHERER, Minéia Johann; ALVES, Thales Severo; REDIN, Janaína. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 84-101, out. 2018. ISSN 2318-1109. doi: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693/1871>. Acesso em: 27 abril 2021.

SORTE, Pedro Dias Boa. **Simulação térmica de paredes verdes compostas de vegetação nativa**



do Cerrado. 2016. xviii, 125 f, il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/21314>. Acesso em: 02 ago. 2021.

SOUSA, L. R. de; SOUZA, H. A. de; GOMES, A. P. Influência de paredes verdes no desempenho térmico de habitações sociais. **PARC** Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 11, p. e020029, 2020. DOI: 10.20396/parc.v11i0.8658167. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8658167>. Acesso em: 22 out. 2021.

SOUSA, Rogério Bastos de. **Jardins Verticais - um contributo para os espaços verdes urbanos e oportunidade na reabilitação do edificado**. Trabalho Final de Mestrado submetido à Universidade Lusófona do Porto como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura. Porto, 2012. Disponível em: https://recil.grupolusofona.pt/bitstream/10437/3078/1/Jardins%20Verticais-Rog%C3%A9rio%20de%20Sousa_13_12_2012%20%20final.pdf. Acesso em: 02 ago. 2021.

SUZUKI, H.; KATO, M.; KUWASAWA, Y.; FUJITA, S. The thermal environment improvement effects of a green curtain on an outdoor balcony using the indices of SET* and PMV. **J. Jpn. Soc. Reveg. Technol.** 2015, 41, 175–180, <https://doi.org/10.7211/jjsrt.41.175>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt/41/1/41_175/_article/-char/ja/. Acesso em: 01 ago. 2021.

VALESAN, M. **Percepção ambiental de moradores de edificações com pele-verde em Porto Alegre**. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, RS, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/23933/000741561.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 out. 2021.

YOSHIMI, Juri; ALTAN, Hasim. Thermal Simulations On The Effects Of Vegetated Walls On Indoor Building Environments. Proceedings of Building Simulation 2011: 12th **Conference of International Building Performance Simulation Association**, Sydney, 14-16 November. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/THERMAL-SIMULATIONS-ON-THE-EFFECTS-OF-VEGETATE-D-ON-Yoshimi-Altan/7d7a819493ba36332afa90217cdc22f3e58822da#citing-papers>. Acesso em: 27 out. 2021.

WONG, I.; BALDWIN, A.N. Investigating the potential of applying vertical green walls to high-rise residential buildings for energy-saving in sub-tropical region. **Building and Environment**, Volume 97, 2016, Pages 34-39, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315301906>. Acesso em: 01 ago. 2021.

ZBBR. Classificação bioclimática das sedes dos municípios brasileiros, conforme a ABNT NBR 15220-3. **ZBBR 1.1** (2004). 330 cidades principais: dados climáticos medidos. Outras 5231 cidades: clima estimado por interpolação. Autor: Maurício Roriz. Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. São Carlos (SP), abril de 2004. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>. Acesso em: 04 nov. 2021.

ZINA, Carolina Mendonça; ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho; DURANTE, Luciane Cleonice. Diretrizes bioclimáticas para habitações de interesse social. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S.l.], v. 5, n. 34, dez. 2017. ISSN 2318-8472. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1611. Acesso em: 08 nov. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.17271/2318847253420171611>.



Christianne Ferreira de Jesus

Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Pará (2022). Especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília (2022). Especialista em Arquitetura, Construção e Gestão de Edificações Sustentáveis pela Faculdade Unyleya (2017). Especialista em Iluminação e Design de Interiores pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação (2014). Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Pará (2008), e bacharel e licenciada em Artes Visuais pela Escola Superior Madre Celeste (2007).

Contribuição de coautoria: Concepção; Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Metodologia; Supervisão; Validação; Visualização; Redação – rascunho original; Redação - revisão e edição.

Leonardo Pinto de Oliveira

Pós-doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela UnB – Universidade de Brasília nas áreas de projeto, conforto ambiental e tecnologia da construção. Professor há mais de 20 anos com linha de pesquisa em Gestão e Avaliação do Projeto Arquitetônico, arquiteto e urbanista na área de arquitetura e autor de vários projetos entre eles a Sede do Parque Cidade Capital Digital e a Sede do Iphan - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, primeiro lugar em concurso Nacional de Projetos e Expositor internacional.

Contribuição de coautoria: Concepção; Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Metodologia; Supervisão; Validação; Visualização; Redação – rascunho original; Redação - revisão e edição.

Como citar: JESUS, C. F. de, OLIVEIRA, L. P. de. Jardim vertical como estratégia bioclimática em habitação de interesse social sustentável, em Paragominas/PA. Revista Paranoá, n.36, Edição Temática Reabilitação Ambiental Sustentável - 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n36.2023.11

Editor responsável: Caio Silva (PPG-FAU/UnB) e Teresa Santos (Universidade Nova de Lisboa, Portugal).

Assistente Editorial: Lucídio Avelino.