

## **Utilização de cobertura vegetal vertical como estratégia de climatização passiva em edificações**

### **Use of vertical vegetation cover as a passive climate control strategy in buildings**

### **Uso de la cubierta vegetal vertical como estrategia de control climático pasivo en edificios**

DOI: 10.55905/rcssv13n6-003

Received on: May 28<sup>th</sup>, 2024

Accepted on: Jun 18<sup>th</sup>, 2024

#### **Gabriela Bandeira Jorge**

Doutoranda em Engenharia de Energia na Agricultura

Instituição: Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Endereço: R. Universitária, 1619, Jardim Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110

E-mail: gabibandeira@fag.edu.br

#### **Heitor Othelo Jorge Filho**

Doutor em Engenharia de Energia na Agricultura

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Endereço: R. Universitária, 1619, Jardim Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110

E-mail: heitorjorge@fag.edu.br

#### **Maritane Prior**

Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP/FCA)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Endereço: R. Universitária, 1619, Jardim Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110

E-mail: maritane.prior@unioeste.br

#### **Samuel Nelson Melegari de Souza**

Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-FEM)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Endereço: R. Universitária, 1619, Jardim Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110

E-mail: ssouza@unioeste.br

#### **Cassia Rafaela Brum Souza**

Doutoranda em Engenharia de Energia na Agricultura

Instituição: Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Endereço: R. Universitária, 1619, Jardim Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110

E-mail: crbsouza@minha.fag.edu.br

**Rafael Venturin Piacentini**

Doutorando em Engenharia de Energia na Agricultura

Instituição: Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
(UNIOESTE)

Endereço: R. Universitária, 1619, Jardim Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110

E-mail: rafael.ventutin@gmail.com

**RESUMO**

A utilização de cobertura vegetal vertical, em benefício estratégico ao conforto térmico e climatização passiva, é excelente alternativa arquitetônica. Na presente pesquisa, o efeito da parede verde com relação ao conforto térmico, foi avaliado por meio da reprodução em escala reduzida, com dois modelos construtivos de edificações: *steel frame* e bloco cerâmico, ambos sendo com e sem a utilização da parede verde. Foram monitorados parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar interno, através da utilização de sensores do modelo SNOFF TH16, e os dados de temperatura externa foram coletados de fonte meteorológica, disponibilizada pela Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Como avaliação dos dados coletados, o dispositivo foi calibrado pelo método de comparação realizado no sensor, utilizado em experimentos anteriores, o qual foi mantido como base referencial. Para o experimento, foram utilizadas duas espécies de vegetações: *Tradescantia zebrina* – lambari roxo e *Asparagus densiflorus* – Aspargo, previamente cultivadas em floricultura, para promover o devido sombreamento. O sistema de execução da cobertura vegetal vertical, é composto de suporte plástico que abriga as plantas enraizadas sob substrato, que contém terra com húmus, argila expandida e substrato, com sistema de rega manual. Desta forma, foi possível avaliar o comportamento de cada modelo de edificação perante a utilização da parede verde, monitorado por um período de onze meses, e avaliado as quatro estações do ano. Os dados foram registrados diariamente, pelo aplicativo *eWeLink*, a cada duas horas, entre 6h e 24h. A cobertura vegetal vertical pode ser utilizada como estratégia de climatização passiva nas edificações, pois obteve-se como resposta, a diferença de temperatura de 1°C, mais baixa, no módulo com cobertura verde em relação ao módulo sem cobertura, sendo o material *steel frame*, mostrando resultado mais expressivo.

**Palavras-chaves:** Paredes Verdes, Eficiência Energética, Conforto Térmico, Climatização Passiva.

**ABSTRACT**

The use of vertical vegetation cover, for the strategic benefit of thermal comfort and passive air conditioning, is an excellent architectural alternative. In the present research, the effect of the green wall in relation to thermal comfort was evaluated by means of a reduced scale reproduction, with two constructive models of buildings: *steel frame* and ceramic block, both with and without the use of the green wall. Indoor air temperature and relative humidity parameters were monitored through the use of SNOFF TH16 model sensors, and the outdoor temperature data were collected from a meteorological source, made available by the University Center School Farm- FAG. As an evaluation of the collected data, the device was calibrated by the comparison method performed on the sensor, used in previous experiments, which was kept as a reference base. For the experiment, two species of vegetation were used: *Tradescantia zebrina* – purple lambari and *Asparagus densiflorus* – Asparagus, previously cultivated in floriculture, to promote proper shading. The vertical vegetation cover system is composed of a plastic support that houses the rooted plants under substrate, which contains earth with humus, expanded clay

and substrate, with a manual irrigation system. In this way, it was possible to evaluate the behavior of each building model against the use of the green wall, monitored for a period of eleven months, and evaluated the four seasons of the year. Data were recorded daily, by the eWeLink application, every two hours, between 6 am and 12 am. The vertical vegetation cover can be used as a passive climate control strategy in buildings, as the temperature difference of 1°C, lower, was obtained in the module with green cover in relation to the module without cover, being the steel frame material, showing a more expressive result.

**Keywords:** Green Walls, Energy Efficiency, Thermal Comfort, Passive Air Conditioning.

## RESUMEN

El uso de vegetación vertical para el beneficio estratégico del confort térmico y la climatización pasiva es una excelente alternativa arquitectónica. En este estudio, se evaluó el efecto del muro verde sobre el confort térmico mediante la reproducción a escala reducida de dos modelos de edificio: estructura de acero y bloque cerámico, con y sin el uso del muro verde. Los parámetros de temperatura y humedad relativa del aire interior se monitorizaron mediante sensores SNOFF TH16, y los datos de temperatura exterior se recogieron de una fuente meteorológica proporcionada por la Fazenda Escola del Centro Universitario FAG. Para evaluar los datos recogidos, se calibró el dispositivo mediante el método de comparación de sensores utilizado en experimentos anteriores, que se mantuvo como línea de base. Para el experimento se utilizaron dos especies de vegetación: Tradescantia zebrina – lambari púrpura y Asparagus densiflorus – espárrago, previamente cultivadas en floricultura, para proporcionar un sombreado adecuado. El sistema de acolchado vertical consiste en un soporte de plástico que aloja las plantas enraizadas bajo un sustrato que contiene tierra con humus, arcilla expandida y sustrato, con un sistema de riego manual. De este modo, fue posible evaluar el comportamiento de cada modelo de edificio en relación con el uso del muro verde, monitorizado durante un período de once meses, y evaluando las cuatro estaciones del año. Los datos se registraron diariamente, mediante la aplicación eWeLink, cada dos horas entre las 6 de la mañana y la medianoche. La cubierta vegetal vertical puede utilizarse como estrategia de control climático pasivo en los edificios, ya que la diferencia de temperatura fue 1 °C inferior en el módulo con cubierta verde en comparación con el módulo sin cubierta, siendo el material de estructura de acero el que mostró el resultado más significativo.

**Palabras clave:** Muros Verdes, Eficiencia Energética, Confort Térmico, Climatización Pasiva.

## 1 INTRODUÇÃO

O conforto térmico em uma edificação deve ser uma questão bastante discutida e analisada, para que se possa neutralizar as rígidas condições do clima, de forma a proporcionar um ambiente de qualidade e bem-estar, a quem o deseja usufruir. O desempenho do corpo humano é considerado superior quando se encontra em um

ambiente em que a troca de calor ocorre de forma amena. Já, quando o ambiente apresenta condições desfavoráveis ao corpo e induz sensações de frio ou calor, exige-se que o mesmo faça mais esforços para se manter confortável. Desta forma, o conforto térmico ocupa um lugar de extrema relevância em questões que devem ser levadas em consideração, no planejamento de edifícios (Frotta, 2001).

Sabe-se que há um cuidado em relação ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos quanto a qualidade do ambiente construído, em se tratando de conforto térmico, eficiência e autonomia energética, com a possibilidade de geração de energia, através de fontes renováveis não convencionais e como parte integral da edificação. Entende-se que a eficiência energética, num processo de conversão de energia é medida pela razão entre a energia útil requerida em um processo e a energia total fornecida a ele. Quanto maior essa relação, maior é a eficiência energética do mesmo. Aplicando este conceito diz-se que uma edificação é energeticamente mais eficiente que outra, quando proporciona as mesmas condições de conforto, com menor demanda de energia (Hinrichs, 2003).

Para que se possa obter resultados favoráveis nos projetos de arquitetura, quanto ao conforto térmico dos ambientes, algumas estratégias podem ser utilizadas, como por exemplo: a utilização de jardins verticais, telhado verde, vegetações no envoltório das edificações, para minimizar o ganho de calor, proporcionando melhor qualidade de vida, através do conforto térmico (Morelli, 2016).

A escolha do tipo de material de construção nas edificações, também pode influenciar no desempenho térmico das mesmas. Os materiais dos painéis de vedação devem dificultar o armazenamento de calor no interior, ter baixa inércia térmica e refletir a radiação solar incidente, da melhor forma possível. De outro modo, o interior do edifício se tornará um receptor de calor e possivelmente à noite, quando as temperaturas externas caírem, o ambiente interno continuará a trocar calor com as paredes, devido à diferença de temperatura (Estulano, 2014).

Climatização passiva, é a maneira de descrever um edifício no qual são consideradas estratégias que usam ganhos de energia solar, para economizar energia de aquecimento, baseando-se na transmissão natural de energia e implementação de elementos de sombreamento e ventilação noturna, com intuito de reduzir o consumo energético, dedicado ao resfriamento, principalmente na estação de verão. Em suma, a climatização passiva, incide em melhorar o clima do ambiente, sem a obtenção de

consumo de energia, onde a mesma, é baseada em princípios como otimização da radiação solar incidente, ventilação natural e inércia térmica (Pereira, 2013).

A partir do conteúdo explícito, a pesquisa traz como problemática a utilização da cobertura vegetal vertical, se o uso da mesma pode contribuir para a diminuição da temperatura interna dos ambientes. Como hipótese, dita-se que a utilização de cobertura vegetal vertical ameniza a insolação, pela absorção da radiação solar pelas plantas, e contribui para a diminuição da temperatura interna do ambiente.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, serão explanados assuntos relevantes a pesquisa, através de textos referenciados, com intuito de elucidar sobre o tema. A influência da vegetação, quanto a qualidade de vida e conforto térmico. Ainda, haverá a contextualização dos materiais de construção utilizados no estudo – *steel frame* e bloco cerâmico convencional.

### 2.1 A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CONTEXTO DE QUALIDADE DE VIDA

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. O equilíbrio ecológico do meio urbano, depende cada vez mais do projeto paisagístico, uma vez que o mesmo pode ser fortalecido por meio do desenvolvimento e manutenção de espaços verdes (Goulart, 2018).

### 2.2 USO DA VEGETAÇÃO COMO COBERTURA

A vegetação nas suas múltiplas formas e tipologias isoladas (como cobertura vegetal ou em mistura em zona verde), intervém precisamente no controle da qualidade ambiental, seja ao nível do conforto acústico, térmico ou luminoso. O ambiente urbano refere-se a uma parte da cidade de acordo com seu microclima, afetando a paisagem, mudando sua aparência e a noção de conforto inserida em seus projetos, para estimular os profissionais a identificarem o desejo das pessoas por práticas sustentáveis (Bestetti, 2014).

## 2.3 PROJETO DE ARQUITETURA

As variáveis de projeto mais importantes a serem analisadas, via simulação, são: ambiente de construção, partido e orientação, fechamentos, propriedades dos materiais, sistema de construção e uso do espaço. A eficiência energética, que resulta da interação de toda essa série de fatores, nem sempre é levada em consideração em um projeto, principalmente por cópias de projetos de outras regiões climáticas, que geralmente são conflitantes com a realidade do edifício em questão. A cópia de estilos, soluções arquitetônicas, formas e superfícies, é o resultado do processo de globalização e tem efeitos prejudiciais no funcionamento do edifício, em termos de conforto do ambiente e eficiência energética (Pietrobon, 2000).

## 2.4 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Reduzir os padrões atuais de consumo de energia é uma prioridade fundamental para a construção sustentável, visto que, além de estar relacionado com a situação de escassez energética da realidade, e incluir a sua importação, alguns países dependem dessas fontes externas de energia elementar (Torgal *et al.*, 2007).

A escolha certa dos materiais de construção pode, portanto, dar uma contribuição decisiva para a redução do consumo de energia, na construção de edifícios. Há uma economia de quase 17% em termos de “energia embutida” (Gerilla *et al.*, 2007).

### 2.4.1 Análise do ciclo de vida dos materiais de construção

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica de gestão ambiental que visa quantificar o impacto ambiental, de produtos ou serviços, ao longo de seu ciclo de vida, e identificar causas que podem ir desde a extração da matéria-prima até a destinação final (ABNT, 2009).

### 2.4.2 Bloco cerâmico

O bloco de vedação de cerâmica é a parte essencial da alvenaria. A argila, seu principal componente, é usada desde 4.000 a.C. Por isso, é um dos elementos mais antigos

da construção civil e caracteriza-se pela durabilidade e facilidade de fabricação. Esses blocos são um dos componentes básicos de qualquer construção em alvenaria, seja ela de vedação ou estrutural. O processo de fabricação de uma alvenaria de bloco de cerâmico está completo, de acordo com as fases da localização da primeira fila, a altura da alvenaria, a instalação das tubagens hidráulicas e elétricas, a execução do revestimento (Viana, 2013).

#### 2.4.3 Steel frame

Amplamente utilizado nos Estados Unidos, no continente europeu e no Japão, o sistema *Light Steel Frame* (LSF) – estrutura de aço –, é uma boa solução de construção para quem deseja maior racionalização de projeto e produtividade. Como principais características deste método, destacam-se velocidade de execução, redução do desperdício de material, maior facilidade e execução total ou parcialmente a seco. Utiliza em sua estrutura, perfis leves de aço galvanizado, forjado a frio, de espessura variável, que são interconectados para formar uma estrutura autoportante, projetada para suportar cargas de construção, sob as quais são fixadas placas de vedação internas e externas (Cassar, 2018).

### 2.5 CLIMATOLOGIA

Os elementos do clima caracterizam-se por seus atributos físicos representados pela atmosfera geográfica de um determinado local, nomeadamente, temperatura, umidade e pressão, que são influenciados pela diversidade geográfica, devido à precipitação, vento, cobertura de nuvens, ondas de calor e frio. A variação espacial e temporal na expressão dos elementos climáticos, é determinada por fatores climáticos, que correspondem a feições geográficas estáticas, como latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade ou natureza marítima e atividades humanas (Oliveira *et al.*, 2011).

### 2.6 ENERGIAS RENOVÁVEIS

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é praticamente indiscutível. A matriz energética mundial é composta, sobretudo, por fontes não renováveis.

Cerca de 31,5% são de petróleo e derivados; 26,9% carvão mineral; 9,3% biomassa; 4,9% nuclear; 2,5% hidráulica e 2,0% outros. Já as fontes renováveis (solar, eólica, geotérmica) representam somente 2% da matriz energética do mundo. Em se tratando de Brasil, a matriz energética é mais renovável do que a mundial. As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa. O consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo, para o ano de 2018, foi de: Brasil 45% fontes renováveis e 55% fontes não renováveis; enquanto no mundo, foi de 14% fontes renováveis e 86% fontes não renováveis; o que se pode dizer é que o Brasil é menos poluente em relação aos outros países (Ben, 2020).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa proposta encontra-se dentro da linha de pesquisa fontes renováveis e racionalização de energia na agroindústria e agricultura. Tem como modo experimental a utilização do jardim vertical analisando como o mesmo se comporta em dois sistemas construtivos diferentes, *steel frame* e bloco cerâmico, com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, como estratégia de climatização passiva nas edificações.

Foi ordenada pelo método tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi *et al.*, (2005), se caracteriza por não existir no mundo real, servindo de modelo para análise de casos reais. Por meio da classificação e comparação com a realidade, determina-se as características principais do modelo, estabelecendo a caracterização ideal a ser aplicada. Dentro deste contexto, a presente proposta, também apresentou o perfil descritivo, uma vez que visou traçar um perfil real da parcela pesquisada, trazendo à tona discussões sobre o processo de execução e suas consequências.

O trabalho teve ainda como característica, a pesquisa qualitativa, pois incidiu sobre a elaboração de modelo avaliando a qualidade de vida, e condições para o pleno desempenho dos atores envolvidos proporcionando conforto e eficácia. Intencionou coletar dados, que foram tabulados em planilhas no programa *Excel*, suscitando diretrizes norteadoras dos resultados e discussões, juntamente com a pesquisa comparativa, com intuito de obter resultados comparativos entre os objetos de estudo. Tal feito respondeu se a utilização de cobertura verde favoreceu ou não na amenização da temperatura interna dos ambientes.

Fora a revisão bibliográfica nacional e internacional utilizou-se como instrumento de pesquisa, a comparação através de modelos reduzidos de edificações com dois sistemas construtivos diferentes, ambos com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-os quanto ao conforto térmico, sendo considerado por um período aproximado de um ano para verificar temperatura e umidade interna nas quatro estações (outono, inverno, primavera e verão).

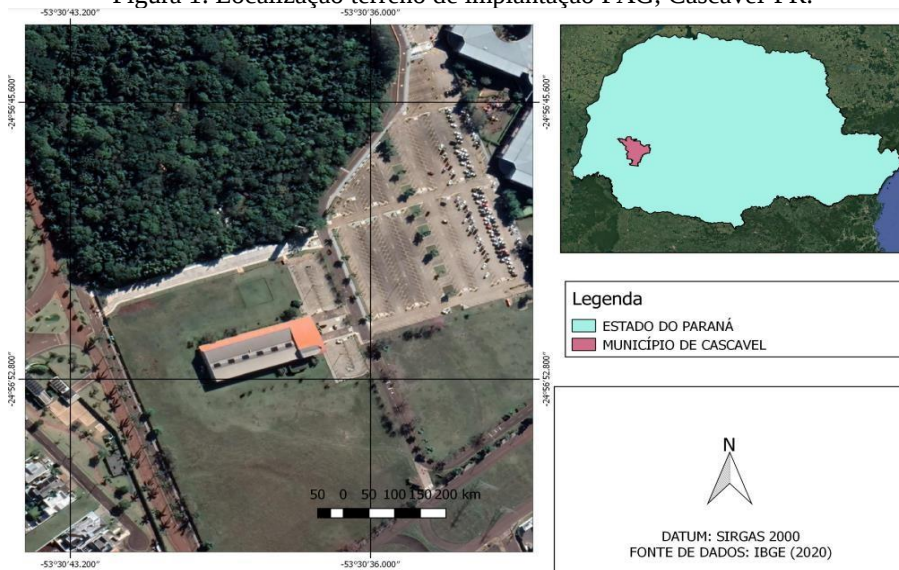
A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h, 20h, 22h e 24h e agrupados quadrimestralmente, englobando as quatro estações do ano para que pudesse posteriormente tabular os dados e desenvolver análise quantitativa com auxílio dos cálculos, para aferição da sua consistência estatística.

De posse dos resultados, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, entendidos como diferenciais de qualidade.

### 3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O local destinado à execução dos protótipos da pesquisa é no Centro Universitário FAG, situado na Av. Das Torres, número 500, na cidade de Cascavel-PR, Figura 1 aos fundos das Clínicas FAG.

Figura 1. Localização terreno de implantação FAG, Cascavel-PR.



Fonte: GOOGLE MAPS, editado pela Autora, 2021.

### 3.2 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

A execução dos protótipos teve início em vinte de dezembro de 2020 com a construção dos módulos em alvenaria de bloco cerâmico (Módulos titulados como números 3 e 4 – Tratamentos C e D). Em janeiro de 2021 foram desenvolvidos os módulos em sistema *steel frame* (nomeados como 1 e 2 – Tratamentos A e B). Em vinte e sete de fevereiro de 2021 os dois jardins verticais foram instalados, um em cada módulo a ser analisado (módulos 2 e 4 – Tratamentos B e D). As medições referentes ao teste do medidor de temperatura e umidade, em fase experimental e para tempo de adequação das plantas no espaço, foram iniciadas no dia cinco de março de 2020. O monitoramento oficial de temperatura e umidade relativa do ar interno, dos quatro protótipos, iniciou no dia dezoito de abril de 2021.

### 3.3 SENSORES DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR

Em cada um dos quatro protótipos construídos, para a coleta de dados de temperatura e umidade interna do ar, foram instalados sensores de coleta de temperatura de bulbo seco (°C) e umidade relativa do ar (%RH), do modelo SNOFF TH16, interruptor inteligente, que monitora e define a temperatura e umidade através do aplicativo 'eWeLink', vinculado ao sensor de temperatura e umidade – Si7021 compartilhados em dispositivo doméstico, celular *iphone*. Tais dados são salvos de maneira manual, diariamente, a cada duas horas, nos horários pré-estabelecidos (6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h, 20h, 22h e 24h), durante as quatro estações (outono, inverno, primavera e verão). Os dados foram computados em planilha no *software Excel*, (conforme anexos) para posterior análise e apresentação dos resultados. Para estabelecer comparações entre temperatura interna e externa, foram utilizados dados de temperatura externa, fornecidos pela estação meteorológica do Centro Universitário FAG (CEDETEC, 2021) coletados diariamente, com média mensal.

### 3.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A coleta de dados teve início em dezoito de abril de 2021 e término dia vinte de março de 2022, com intuito de se analisar por um período de onze meses, para obter

referências de temperatura e umidade interna dos ambientes, com ausência e com presença de cobertura vegetal vertical, e ainda, sobre a diferença de materiais de construção, *steel frame* e alvenaria convencional de bloco cerâmico – durante as quatro estações do ano: outono, inverno, primavera e verão.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados coletados foram tabulados no programa *Excel*. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do *software* de análise de dados – *R Studio*. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em quatro diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 à Tabela 8, são apresentados os valores médios e análise de variância (ANOVA), teste de médias -Tukey, a 5% de probabilidade, juntamente com a média geral dos protótipos, seu coeficiente de variação e a diferença mínima significativa entre os quatro tratamentos analisados – A, B, C e D, para cada estação do ano, tanto para dados de temperatura interna como para umidade relativa do ar interno.

As análises foram realizadas por períodos, considerando as quatro estações do ano. A variável independente, aquela analisada pelo estudo, se manteve a temperatura interna e considerou-se variável dependente a umidade relativa do ar.

Tabela 1. Valores médios de temperatura interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de outono

| Tratamentos                              | Horários do dia |       |        |        |        |
|------------------------------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|
|                                          | 6h              | 10h   | 16h    | 20h    | 24h    |
| A <i>Steel frame</i> sem cobertura verde | 17,0ab          | 16,3a | 20,8a  | 22,9a  | 20,0a  |
| B <i>Steel frame</i> com cobertura verde | 17,2a           | 16,4a | 19,1b  | 20,8bc | 19,4ab |
| C Bloco cerâmico sem cobertura verde     | 15,5c           | 14,8b | 20,4ab | 22,0ab | 18,8ab |
| D Bloco cerâmico com cobertura verde     | 15,8bc          | 15,1b | 19,0b  | 20,4c  | 18,2b  |
| Média Geral                              | 19,1            | 15,7  | 19,8   | 21,5   | 16,4   |
| CV (%)                                   | 16,7            | 18,3  | 16,2   | 16,6   | 18,8   |
| DMS                                      | 1,4             | 1,2   | 1,4    | 1,5    | 1,3    |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa  
Fonte: Os autores.

Observa-se na Tabela 1 (em se tratando das médias computadas as 24h), que o tratamento A – *steel frame* sem cobertura verde e o tratamento D – bloco cerâmico com cobertura verde, são distintos em material e também em valores de médias de temperatura. Já os tratamentos B – *steel frame* com cobertura verde e C- bloco cerâmico sem cobertura verde possuem diferentes materiais, porém, médias iguais.

Na análise das 6h, os quatro tratamentos são distintos havendo menos discrepância de valores de temperatura interna entre materiais.

Para a análise do horário das 10h da manhã, entre os tratamentos A e B – *steel frame*, com e sem cobertura verde, e também C e D – bloco cerâmico com e sem cobertura verde, as médias permaneceram iguais no mesmo material, porém, distintas entre si.

Já às 16h- *steel frame* sem cobertura verde – tratamento A, sempre se manteve com maior temperatura interna nos cinco horários analisados na estação de outono. Em contraponto, o tratamento D – bloco cerâmico com cobertura verde apresentou menor temperatura nos horários analisados, mostrando que há interferência na utilização do jardim vertical, mesmo que pequena, afirmando o que relata CRUCIOL (2019), em avaliação da influência térmica de um jardim vertical de tipologia parede viva contínua que obteve resultados positivos sobre as temperaturas superficiais, onde o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução na temperatura superficial externa de no máximo 9,4 °C e 10,6 °C e de 2,8 °C e 2,9 °C da temperatura superficial interna, para condição de tempo “frio e seco” e “quente e úmido”, respectivamente.

Na análise das 20h, onde a média geral indica maior temperatura interna, os tratamentos A -*steel frame* sem cobertura verde e C- bloco cerâmico sem cobertura verde se aproximam com maior temperatura da mesma forma que B – *steel frame* com cobertura verde e D- bloco cerâmico com cobertura verde demonstram menor temperatura, corroborando para estudos que ditam que o jardim vertical contribui para a amenização da temperatura interna nas edificações.

Na média geral, o que apresentou maiores valores de temperatura, ocorreu no horário das 20h, possivelmente em função do acumulado de calor do dia. Já a menor média, foi no horário das 10h devido a perda contínua de calor da madrugada o que corrobora com OVIEDO (2015), que explica sobre a inércia térmica, sendo esta, a capacidade de contrariar as variações de temperatura no interior da edificação, reduzindo a transferência de calor que ocorre pela capacidade de acumular calor nos elementos construtivos. Este conceito está relacionado com a capacidade do edifício em diminuir o

calor transferido em suas maiores temperaturas e liberá-los posteriormente. O atraso térmico nos espaços internos pode fazer com que o pico de temperatura interna máximo aconteça no período posterior, geralmente a noite.

Quanto ao coeficiente de variação, os dados apresentaram média dispersão para a estação de outono de 2021, visto que, segundo GOMES (2009), quanto menor for o valor do coeficiente de variação mais homogêneos são os dados, sendo menor a dispersão em relação à média. Nesta estação os valores ficaram acima de 15%, denotando média dispersão.

Tabela 2. Valores médios de temperatura interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de inverno

| Tratamentos                                 | Horários do dia |       |       |        |       |
|---------------------------------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------|
|                                             | 6h              | 10h   | 16h   | 20h    | 24    |
| <b>A Steel frame sem cobertura verde</b>    | 16,5a           | 15,7a | 20,2a | 22,4a  | 19,6a |
| <b>B Steel frame com cobertura verde</b>    | 16,6a           | 15,8a | 18,4a | 20,2b  | 19,0a |
| <b>C Bloco cerâmico sem cobertura verde</b> | 15,2a           | 14,4a | 20,1a | 22,1ab | 18,7a |
| <b>D Bloco cerâmico com cobertura verde</b> | 15,4a           | 14,7a | 18,9a | 20,4ab | 18,3a |
| <b>Média Geral</b>                          | 15,9            | 15,1  | 19,4  | 21,3   | 18,9  |
| <b>CV (%)</b>                               | 31,4            | 32,2  | 26,9  | 25,4   | 27,9  |
| <b>DMS</b>                                  | 1,8             | 1,7   | 1,9   | 2,0    | 1,9   |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa

Fonte: Os autores.

Observa-se na Tabela 2 que para os dados de temperatura interna, na estação de inverno de 2021 os quatro tratamentos permaneceram iguais na maior parte do tempo, das 24h às 16h, apresentando variação apenas no horário das 20h.

Analisa-se também, que nos horários de maior média geral, entre os quatro tratamentos às 20h, os tratamentos A e C, *steel frame* e bloco cerâmico, sem utilização de cobertura verde, se mantém mais aquecidos do que os tratamentos B e D *Steel frame* e bloco cerâmico com cobertura verde.

O coeficiente de variação, para a estação de inverno, apresentou valores acima de 30% demonstrando que os dados são heterogêneos, sendo de alta dispersão, principalmente no horário das 10h da manhã. Para os demais horários, 24h, 16h e 20h, os valores foram de média dispersão, conforme Gomes (2009).

Quanto a média geral dos horários e tratamentos, se manteve baixa até o horário meio do dia (12h), aumentando a tarde (16h) e atingindo sua temperatura mais alta a noite (20h).

Tabela 3. Valores médios de temperatura interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de primavera

| Tratamentos                                 | Horários do dia |        |       |       |       |
|---------------------------------------------|-----------------|--------|-------|-------|-------|
|                                             | 6h              | 10h    | 16h   | 20h   | 24h   |
| <b>A Steel frame sem cobertura verde</b>    | 22,5a           | 21,8a  | 26,4a | 28,6a | 26,1a |
| <b>B Steel frame com cobertura verde</b>    | 22,7a           | 22,0a  | 25,3a | 26,6b | 25,5a |
| <b>C Bloco cerâmico sem cobertura verde</b> | 21,1b           | 20,5b  | 26,4a | 28,6a | 25,4a |
| <b>D Bloco cerâmico com cobertura verde</b> | 21,4b           | 21,2ab | 26,4a | 26,9b | 24,8a |
| <b>Média Geral</b>                          | 21,9            | 21,4   | 26,1  | 27,7  | 25,4  |
| <b>CV (%)</b>                               | 13,6            | 13,5   | 14,8  | 15,7  | 14,2  |
| <b>DMS</b>                                  | 1,1             | 1,0    | 1,4   | 1,6   | 1,3   |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa

Fonte: Os autores.

Na Tabela 3 em se tratando da estação de primavera, coletando os dados de temperatura interna, dos quatro módulos, pode-se observar que às 24h e às 16h as médias de todos os tratamentos se mantiveram iguais.

Já às 6h e 10h, os tratamentos A e B, *steel frame* com e sem cobertura verde – de mesmo material, apresentaram mesma média. O mesmo ocorreu com os tratamentos C e D – bloco cerâmico com e sem cobertura verde.

No horário das 20h (horário este, de maior média geral de temperatura interna), os tratamentos A e C, *Steel frame* e Bloco cerâmico sem cobertura verde, apresentaram médias iguais entre si e maiores, do que B e D, *Steel frame* e bloco cerâmico com cobertura verde, com médias menores, mesmo fato que ocorreu em pesquisa de Cruciol (2019), Seixas (2019), Scherer *et al.*, (2018), onde os autores relatam que a utilização de cobertura verde na envoltória da edificação pode contribuir para o conforto térmico e, assim, reduzir o consumo energético para a climatização dos espaços pois atuam como isolante térmico, são elementos de sombreamento ou mesmo qualificando a ventilação natural por meio de resfriamento evaporativo.

O coeficiente de variação na estação de primavera obteve na maior parte do dia, valores abaixo de 15% denotando dados homogêneos, ou seja, baixa dispersão. Somente no horário das 20h os dados apresentaram média dispersão, valor acima de 15% conforme dados direcionados por Gomes (2009).

Quanto a média geral dos quatro módulos, permaneceu o horário das 10h da manhã com temperatura mais amena e o horário das 20h com temperatura mais alta, conforme ocorrido nas médias gerais das estações anteriores.

Tabela 4. Valores médios de temperatura interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de verão

| Tratamentos                                 | Horários do dia |       |        |       |        |
|---------------------------------------------|-----------------|-------|--------|-------|--------|
|                                             | 6h              | 10h   | 16h    | 20h   | 24h    |
| <b>A Steel frame sem cobertura verde</b>    | 24,6a           | 23,9a | 28,2ab | 30,5a | 28,1a  |
| <b>B Steel frame com cobertura verde</b>    | 24,8a           | 24,0a | 27,3b  | 28,5b | 27,3ab |
| <b>C Bloco cerâmico sem cobertura verde</b> | 23,3b           | 22,7b | 28,7a  | 30,8a | 27,6ab |
| <b>D Bloco cerâmico com cobertura verde</b> | 23,5b           | 23,1b | 28,3ab | 29,1b | 26,8b  |
| <b>Média Geral</b>                          | 24,0            | 23,4  | 28,1   | 29,7  | 27,4   |
| <b>CV (%)</b>                               | 8,0             | 7,8   | 9,9    | 10,9  | 9,9    |
| <b>DMS</b>                                  | 0,7             | 0,6   | 1,0    | 1,2   | 1,0    |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa  
 Fonte: Os autores.

A análise da Tabela 4, de temperatura na última estação de verão, houveram pequenas discrepâncias entre os quatro tratamentos, no decorrer dos diferentes horários analisados. No horário das 24h, onde os tratamentos A – *Steel frame* sem cobertura verde e D – bloco cerâmico com cobertura verde, foram diferentes; e os tratamentos B- *Steel frame* com cobertura verde e C – bloco cerâmico sem cobertura verde foram iguais, o mesmo ocorrido na estação de outono, em igual horário.

Às 16h a média mais baixa é do tratamento B – *Steel frame* com cobertura verde. E, a média de temperatura mais alta está no Tratamento C – bloco cerâmico sem cobertura verde. Os tratamentos A – *Steel frame* sem cobertura verde e D- bloco cerâmico com cobertura verde, permaneceram iguais.

Às 20h, os tratamentos A e C, *Steel frame* e bloco cerâmico sem cobertura verde, se mostraram com as maiores médias de temperatura interna. Em contraponto disso, os tratamentos B e D, *Steel frame* e bloco cerâmico, ambos com cobertura verde, apresentaram menores médias comprovando assim o que é relatado por Camargo *et al.*, (2020), que o jardim vertical pode ser utilizado como estratégia para a minimização da temperatura interna dos ambientes.

Em se tratando de escolha de vegetação, Scherer *et al.* (2015), dita que é importante frisar sobre a escolha de folhagens caducifólias onde a mesma perde as folhas na estação de inverno propiciando assim, o aumento do acesso dos raios solares, proporcionando aquecimento para a edificação. E, no verão, a folhagem está forte sombreando com mais eficácia, impedindo a incidência solar direta na edificação.

O coeficiente de variância apresentou valores menores que 15% demonstrando baixa dispersão entre os dados, para os cinco horários analisados na estação de verão, ao se analisar temperatura (Gomes, 2009).

Como média geral dos quatro módulos nos cinco horários estabelecidos, a temperatura mais baixa encontra-se às 10h e a mais alta, às 20h, podendo se observar que a temperatura aumenta mesmo após ausência de luz solar, havendo um processo lento de resfriamento durante a madrugada, que atinge sua temperatura mais baixa somente às 10h do dia seguinte.

Segundo Oviedo (2015), a inércia térmica é a capacidade de contrariar as variações de temperatura no interior da edificação, reduzindo a transferência de calor, que ocorre pela capacidade de acumular calor nos elementos construtivos. Este conceito está relacionado com a capacidade do edifício em diminuir o calor transferido em suas maiores temperaturas e liberá-los posteriormente. O atraso térmico nos espaços internos pode fazer com que o pico de temperatura interna máximo, aconteça no período posterior, geralmente a noite.

A avaliação da umidade relativa do ar, exposta na Tabela 5, na estação outono indica que até às 10h as umidades são distintas nos quatro tratamentos e a partir das 16h, as umidades começam a se igualar nos tratamentos C e D – de mesmo material, bloco cerâmico, porém, nos tratamentos A e B, de *steel frame* não.

No tratamento D – bloco cerâmico com cobertura verde, a umidade se mantém comprovando que conforme Vieira (2014), a utilização de jardim vertical auxilia na manutenção de umidade interna visto que, onde se faz necessária a umidificação ou resfriamento evaporativo, a utilização de plantas é uma estratégia para elevar a umidade do ambiente através da evapotranspiração foliar.

Tabela 5. Valores médios de umidade interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de outono

| Tratamentos                                 | Horários do dia |       |       |       |       |
|---------------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|                                             | 6h              | 10h   | 16h   | 20h   | 24h   |
| <b>A Steel frame sem cobertura verde</b>    | 90,3c           | 90,5c | 91,4b | 92,5b | 90,9c |
| <b>B Steel frame com cobertura verde</b>    | 86,2d           | 86,1d | 86,7c | 86,6c | 86,5d |
| <b>C Bloco cerâmico sem cobertura verde</b> | 98,2b           | 98,1b | 99,4a | 99,4a | 98,9b |
| <b>D Bloco cerâmico com cobertura verde</b> | 99,9a           | 99,9a | 99,7a | 99,9a | 99,9a |
| <b>Média Geral</b>                          | 93,6            | 93,6  | 94,3  | 94,6  | 94,1  |
| <b>CV (%)</b>                               | 6,4             | 6,4   | 6,8   | 6,3   | 6,3   |
| <b>DMS</b>                                  | 0,9             | 0,9   | 1,4   | 1,0   | 0,9   |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa

Fonte: Os autores.

Para o bloco cerâmico sem cobertura verde, tratamento C, os valores permanecem iguais nos horários de 24h, 06h e 10h, com umidade mais baixa, e se elevam e igualam nos horários de 16h e 20h. O mesmo ocorre para os tratamentos A e B- *steel frame* com e sem cobertura verde, porém, os valores de umidade são mais baixos que o tratamento C.

Ao analisar o coeficiente de variância quanto a umidade relativa do ar, nos horários estabelecidos, na estação de outono pode-se observar que os valores apresentaram média menor que 15% conforme dados citados por Gomes (2009), indicando baixa dispersão dos dados.

Em se tratando de média geral de umidade relativa do ar interno para a estação de outono, observa-se que as médias nos horários estabelecidos, são próximas onde a menor média se dá no horário das 6h e a maior média de umidade, às 20h.

Na Tabela 6, em se tratando das análises de umidade relativa do ar interno dos quatro tratamentos com coleta de dados, na estação de inverno, é possível observar que os tratamentos de mesmo material A e B – *steel frame*, com e sem cobertura verde, mantiveram igual média nos cinco horários analisados e menor média de umidade em relação aos tratamentos C e D, bloco cerâmico com e sem cobertura verde; sendo o tratamento B- *steel frame* com cobertura verde o que apresentou menor média entre os quatro analisados.

Tabela 6. Valores médios de umidade interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de inverno

| Tratamentos                                 | Horários do dia |       |         |       |       |
|---------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|-------|
|                                             | 6h              | 10h   | 16h     | 20h   | 24h   |
| <b>A Steel frame sem cobertura verde</b>    | 95,5b           | 95,3b | 95,260b | 96,9b | 95,8b |
| <b>B Steel frame com cobertura verde</b>    | 88,5c           | 88,2c | 88,307c | 88,4c | 88,6c |
| <b>C Bloco cerâmico sem cobertura verde</b> | 100a            | 100a  | 100a    | 100a  | 100a  |
| <b>D Bloco cerâmico com cobertura verde</b> | 100a            | 100a  | 100a    | 100a  | 100a  |
| <b>Média Geral</b>                          | 96,0            | 95,9  | 95,9    | 96,3  | 96,1  |
| <b>CV (%)</b>                               | 5,1             | 5,2   | 5,6     | 5,3   | 5,1   |
| <b>DMS</b>                                  | 0,5             | 0,5   | 0,8     | 0,7   | 0,6   |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa

Fonte: Os autores.

Os tratamentos C e D, mesmo material, bloco cerâmico, com e sem a presença de cobertura verde, apresentaram mesma média durante toda estação nos cinco horários analisados sendo ela 100% de umidade relativa do ar interno.

Quanto a média geral de umidade relativa do ar interno, nos cinco horários analisados, para a estação de inverno, as médias permaneceram próximas, onde a mais baixa ocorreu no horário das 16h horas e a mais alta logo após esta, às 20h.

Tabela 7. Valores médios de umidade interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de primavera

| Tratamentos                                 | Horários do dia |       |       |       |       |
|---------------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|                                             | 6h              | 10h   | 16h   | 20h   | 24h   |
| <b>A Steel frame sem cobertura verde</b>    | 99,5a           | 99,5a | 99,4a | 99,6a | 99,6a |
| <b>B Steel frame com cobertura verde</b>    | 98,3b           | 98,4b | 98,1b | 98,3b | 98,4b |
| <b>C Bloco cerâmico sem cobertura verde</b> | 100a            | 100a  | 100a  | 100a  | 100a  |
| <b>D Bloco cerâmico com cobertura verde</b> | 100a            | 100a  | 100a  | 100a  | 100a  |
| <b>Média Geral</b>                          | 99,4            | 99,4  | 99,4  | 99,4  | 99,5  |
| <b>CV (%)</b>                               | 2,2             | 2,1   | 2,6   | 2,3   | 2,2   |
| <b>DMS</b>                                  | 0,7             | 0,7   | 0,8   | 0,8   | 0,7   |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa

Na estação de primavera a Tabela 7 mostra a análise de umidade relativa do ar interno, nos quatro tratamentos, onde pôde-se observar o mesmo comportamento da estação anterior de inverno. Nos tratamentos A- *steel frame* sem cobertura verde, C- bloco cerâmico sem cobertura verde e D- bloco cerâmico com cobertura verde se mantiveram na mesma média em todos os horários analisados sendo também, iguais médias para os três casos. Já o tratamento B obteve mesma média durante os horários do dia, porém, umidade inferior se comparado aos demais tratamentos.

Em se tratando de média geral de umidade relativa do ar interno, na estação de primavera, estatisticamente se manteve a mesma em todos os horários estabelecidos, porém, diferente das demais estações, o valor de umidade mais baixo foi no horário das 16h e o valor mais alto ocorreu as 24h.

Quanto a média geral, dos horários avaliados, se manteve constante e próximo a 100%. O mesmo ocorreu com o coeficiente de variância, a aproximadamente 2% mostrando que os dados são homogêneos de baixa dispersão.

Tabela 8. Valores médios de umidade interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de verão

| Tratamentos                              | Horários do dia |      |      |      |      |
|------------------------------------------|-----------------|------|------|------|------|
|                                          | 6h              | 10h  | 16h  | 20h  | 24h  |
| A <i>Steel frame</i> sem cobertura verde | 100a            | 100a | 100a | 100a | 100a |
| B <i>Steel frame</i> com cobertura verde | 100a            | 100a | 100a | 100a | 100a |
| C Bloco cerâmico sem cobertura verde     | 100a            | 100a | 100a | 100a | 100a |
| D Bloco cerâmico com cobertura verde     | 100a            | 100a | 100a | 100a | 100a |

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.; CV: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa

Fonte: Os autores.

Na última estação analisada apresentada na Tabela 8, no verão, a umidade relativa do ar interno ao ambiente, as médias foram iguais para todos os tratamentos: A- *steel frame* sem cobertura verde, B- *steel frame* com cobertura verde, C- bloco cerâmico sem cobertura verde, D- bloco cerâmico com cobertura verde, com valores de umidade iguais, em todos os horários estabelecidos para a análise. Sendo assim, o mesmo ocorre para a média geral de umidade relativa do ar e coeficiente de variância.

Ressalta-se que é possível que os dados tenham se mantido iguais devido a não presença de abertura nos módulos, bloqueando a troca de calor que pode ter ocasionado um microclima propiciado pela falta de ventilação, acabando por manter a umidade alta.

No verão, a planta absorve energia da fotossíntese ganhando mais espessura de fechamento, minimizando calor interno, diminuindo a transmitância térmica e aumentando a resistência térmica.

Avaliando as paredes verdes como contribuintes para o arrefecimento, as mesmas apresentam os atributos positivos que a cobertura vegetal vertical pode oferecer, como estratégia de climatização passiva para a minimização térmica, no ambiente construído.

É de suma importância que profissionais da área da construção civil se atentem em projetar uma arquitetura mais sustentável, atrelado às certificações ambientais, com o objetivo de minimizar os impactos pensando na pré e pós-ocupação dos mesmos, tendo a consciência sobre o uso dos recursos, utilização de materiais e aplicação de estratégias passivas capazes de promover o conforto ambiental e eficiência energética das edificações. Deve-se projetar de maneira eficiente e inteligente, utilizando soluções integradas e tecnologias sustentáveis, atendendo às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras, de atenderem suas próprias necessidades.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento da presente pesquisa, foi possível concluir que a cobertura verde teve influência em cada um dos tipos de material de construção analisados – *steel frame* e bloco cerâmico onde o melhor resultado pôde ser visto no módulo construído em *steel frame*, que em relação à temperatura e umidade relativa do ar interno, obteve melhor resposta.

Os resultados da estação de inverno, mostram que a existência de cobertura vegetal vertical para os dois materiais analisados, reduz a temperatura interna. No material *steel frame*, houve diferença de temperatura de 1°C nos módulos com e sem cobertura verde.

Na primavera, em ambos os materiais de construção avaliados, de forma isolada, houve redução de temperatura principalmente nos meses de novembro e dezembro, mais próximos da estação de verão, onde a utilização da parede verde afeta positivamente no arrefecimento térmico.

Para o outono, o resultado do jardim se mostrou nulo em ambos os sistemas – *steel frame* e bloco cerâmico, principalmente nos meses de maio e junho, próximos da estação de inverno, entendendo não ser positivo para o ganho térmico nos períodos mais frios da região analisada.

Na estação de verão os módulos de *steel frame*, com e sem cobertura vegetal, apresentaram diferença de 0,8°C na temperatura média interna. Nos módulos de bloco cerâmico os valores foram de 0,76°C.

Em relação a umidade relativa do ar interno, para a estação de outono, as médias dos tratamentos A, B e C- *steel frame*, com e sem cobertura verde e bloco cerâmico, sem cobertura verde, se mantiveram iguais. Porém, o tratamento D- bloco cerâmico com cobertura vegetal se manteve com a umidade elevada, comprovando que a utilização do jardim auxilia na manutenção de umidade e qualidade do ar interno. O mesmo ocorreu na estação de primavera, onde as médias se mantiveram iguais para os tratamentos A, C e D, e o tratamento B – *steel frame* com cobertura verde obteve média inferior.

No inverno, o bloco cerâmico se mostrou com valores de umidade relativa do ar interno, maiores que o *steel frame*, tanto nos módulos com, quanto sem cobertura verde. A média de umidade mais alta foi no horário das 16h e a mais baixa às 20h. Já na estação de verão, as médias se mantiveram iguais, nos quatro tratamentos.

Os resultados ressaltam a contribuição da cobertura vegetal para a melhoria nas condições de conforto térmico e qualidade de vida das pessoas a se favorecerem com tal estratégia de climatização passiva.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

BEM. Balanço Energético Nacional 2020. **Relatório síntese/ Ano Base 2019**. Rio de Janeiro, RJ. EPE: Empresa de Pesquisa Energética, Maio, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020- ab%202019 Final.pdf> Acesso em: 06 jan. 2021.

BESTETTI, M. L. T. *Ambiência: espaço físico e comportamento*. Tese (Doutorado) – FAUUSP, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17-03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: Alvenaria convencional x Light Steel Frame**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. xiii, p. 95.

CAMARGO, M. S. de; FERNANDES, I. M. M.; HOLANDA, E. S. T. de. **Utilização de jardim vertical para conforto térmico e harmonia paisagística no Bloco de Salas de Aula Sul da Universidade de Brasília**. Projeto final em Ciências Ambientais, Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2020.

CEDETEC. Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. **Dados meteorológicos Fazenda Escola – FAG, 2021**. Cascavel-PR.

CRUCIOL, B. M. **Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua**. 2019. 169 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/190784/cruciolbarbosa\\_m\\_me\\_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/190784/cruciolbarbosa_m_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 27 jun. 2022.

ESTULANO, G. A. **O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade de Cuiabá/MT: avaliação pós-ocupação**, 2014.

GERILLA, G.; TEKNOMO, K.; HOKAO, K. An environment assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction. **Building and Environment**, v. 42, p. 2778-2784, 2007. DOI: [10.1016/j.buildenv.2006.07.021](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.021)

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Fealq, 2009.

GOULART, I. C. G. R. *Introdução ao Paisagismo*. **Jardineiro**, 2018. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/introducao-ao-paisagismo.html>. Acesso em: 07 set. 2021.

HINRICHS, R.A. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Pioneira, 2003. Thomson Learning.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo Atlas, 2005.

MORELLI, D. D. O. **Desempenho de paredes verdes como estratégia bioclimática**. Campinas, SP, 2016.

OLIVEIRA, E. M.; Alves, R. O.; Sedyama, G. C.; Cecon, P. R.; Drumond, L. C. D. Análise do coeficiente e o desempenho do irrigâmetro e a influência dos elementos do clima na estimativa da evapotranspiração. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa – MG, v. 19, n. 4, jul./ago. 2011. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.13083/reveng.v19i4.131>. Acesso em: 11 set. 2021.

OVIEDO, C. Influência da energia térmica na construção civil. **Engenharia** 360, 2015. Disponível em: <https://engenharia360.com/influencia-da-inercia-termica-no-desempenhotermicodasedificacoes/#:~:text=Isto%20acontece%20devido%20%C3%A0%20sua,t%C3%A9rmico%20no%20interior%20da%20edifica%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 27 jun. 2022.

PIETROBON, C. E. Conforto na edificação: conforto térmico. In: **VII Semana da Engenharia**. LABCON/ARQ. Maringá, 2000. Artigo Técnico.

SCHERER, M. J.; ALVES, T. S.; REDIN, J. 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. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693>. Acesso em: 27 jun. 2022. DOI:<https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>.

SEIXAS, C. D. S. **Efeito do uso de parede verde na temperatura interna de modelo construído com bloco cerâmico**. 2019. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

TORGAL, P. F.; JALALI, S. Construção sustentável: O caso dos materiais de construção. In: **Congresso Construção 2007**, 3.º Congresso Nacional Coimbra, Portugal Universidade de Coimbra. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7542/1/Artigo%204.pdf> Acesso em: 06 jan. 2021.

VIANA, S. A. de O. **Análise de Custo e Viabilidade Dentre os Sistemas de Vedação de Bloco Cerâmico e Drywall Associado ao Painel Monolite EPS**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.

VIEIRA, R. V. C. **Análise da eficiência energética e conforto térmico do Instituto de Biologia**. Monografia – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 08 dez. 2014. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12694/1/2014\\_RomuloValenteCustodioVieira.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12694/1/2014_RomuloValenteCustodioVieira.pdf). Acesso em: 27 jun. 2022.