

Relatório do Software Anti-plágio CopySpider

Para mais detalhes sobre o CopySpider, acesse: <https://copyspider.com.br>

Instruções

Este relatório apresenta na próxima página uma tabela na qual cada linha associa o conteúdo do arquivo de entrada com um documento encontrado na internet (para "Busca em arquivos da internet") ou do arquivo de entrada com outro arquivo em seu computador (para "Pesquisa em arquivos locais"). A quantidade de termos comuns representa um fator utilizado no cálculo de Similaridade dos arquivos sendo comparados. Quanto maior a quantidade de termos comuns, maior a similaridade entre os arquivos. É importante destacar que o limite de 3% representa uma estatística de semelhança e não um "índice de plágio". Por exemplo, documentos que citam de forma direta (transcrição) outros documentos, podem ter uma similaridade maior do que 3% e ainda assim não podem ser caracterizados como plágio. Há sempre a necessidade do avaliador fazer uma análise para decidir se as semelhanças encontradas caracterizam ou não o problema de plágio ou mesmo de erro de formatação ou adequação às normas de referências bibliográficas. Para cada par de arquivos, apresenta-se uma comparação dos termos semelhantes, os quais aparecem em vermelho.

Veja também:

[Analizando o resultado do CopySpider](#)

[Qual o percentual aceitável para ser considerado plágio?](#)



Versão do CopySpider: 2.1.0.8

Relatório gerado por: gabi_bandeira@hotmail.com

Modo: web / normal

Arquivos	Termos comuns	Similaridade
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://univates.br/bdu/bitstream/10737/2245/1/2018AnaCristinaFiegenbaum.pdf	266	1,45
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://faeng.ufms.br/files/2015/01/2004-Estudo-das-vari%C3%A1veis-clim%C3%A1ticas-internas-que-influenciam-no-conforto-t%C3%A9rmico-e-na-efici%C3%A1ncia-energ%C3%A9tica-do-RU-UFMS.pdf	135	1,31
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693/1871	125	1,14
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf	388	0,94
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUploaad/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf	44	0,51
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://maestrovirtuale.com/variavel-dependente-e-independente-o-que-sao-com-exemplos	25	0,33
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Desempenho_termico_paredes_e_coberturas.pdf	24	0,31
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/qual-o-nivel-de-umidade-ideal-do-ar-no-inverno-e-no-verao-de-que-forma-se-pode-medir-isso.html	13	0,18
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://www.greelane.com/pt/ci%C3%A1ncia-tecnologia-matem%C3%A1tica/ci%C3%A1ncia/independent-and-dependent-variable-examples-606828	10	0,14
artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx X https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005073	6	0,09

Arquivo 1: [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Arquivo 2: [https://univates.br/bdu/bitstream/10737/2245/1/2018AnaCristinaFiegenbaum.pdf \(12434 termos\)](https://univates.br/bdu/bitstream/10737/2245/1/2018AnaCristinaFiegenbaum.pdf)

Termos comuns: 266

Similaridade: 1,45%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

[https://univates.br/bdu/bitstream/10737/2245/1/2018AnaCristinaFiegenbaum.pdf \(12434 termos\)](https://univates.br/bdu/bitstream/10737/2245/1/2018AnaCristinaFiegenbaum.pdf)

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente **de Mestrado em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado **em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado **em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do **Mestrado em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, **transmitância e resistência térmica**. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 **de alvenaria convencional** e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados **ao longo do** período de inverno. Entre os

principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto . Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da

energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de muitas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto térmico das edificações (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação

de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade **do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano** (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio **em que se encontra** e do emprego **de elementos construtivos** que reduzam **o consumo de energia** durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento **de um ambiente** térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada **de um ambiente** (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram **a sensação de** estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais **para o desenvolvimento** das plantas, através **de painéis de tecido**, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha **de calor** - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz **a temperatura da** superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar **a temperatura**. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o **fluxo de calor** pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna **do edifício no** inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio **consumo de energia** em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar **a transferência de calor entre** o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística **em paredes externas** e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde,

sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al.,2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escadas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e

bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a **base de dados** analisada pelo software SPSS, 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**, e ainda, se há **diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético**.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao **conforto térmico e eficiência energética**, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de **dados de temperatura e umidade do ar**, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade **relativa do ar interna**, índices **de resistência e transmitância térmica** das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os **dados foram** organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a **análise de absorção de calor em** 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a **média** como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o **coeficiente de absorção** de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, **umidade relativa do ar**, datas e

horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias **de temperatura interna**, sendo a mesma comparada **com a externa**, e umidade interna **do ar**. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a **média** simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. **Optou-se por** este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, **em função do número de** obtenção das informações diárias. **Os dados de temperatura e umidade** externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a **isso, optou-se** pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99.

Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados **o cálculo da** média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, **que a temperatura** média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = A_a + A_b + \dots + A_n / ((A_a/R_a) + (A_b/R_b) + \dots + (A_n/R_n))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 + 0,3 = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 + 0,3 = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação.

Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e

0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados **na figura 11**.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, **que pode ser** observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, **o valor da umidade** interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, **resistência e transmitância**) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado **em todas as** variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que **a aplicação de jardins** verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que **a utilização de** vegetação pode reduzir o ganho térmico **de uma edificação** e, com base nesses referenciais, se propôs o **objetivo deste estudo**, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se

dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

BEN ? Balanço Energético Nacional 2020. Relatório síntese/ Ano Base 2019. EPE: Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ. Maio, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topicos-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020- ab%20202019_Final.pdf Acesso em: 06 jan. 2021.

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda

Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento **para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis**. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência **Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua**. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. **Disponível em:** <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional **de Eficiência Energética**. Novembro, 2019. **Disponível em:** http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf **Acesso em:** 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades **para o ambiente** urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e **Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual **de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? **São Paulo**: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. **Acesso em** 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANZO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro**, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobbie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobbie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento **no conforto térmico** de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. **Desempenho térmico e as paredes de concreto**. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRÍÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal



Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{m}^2 \text{K/W}$
argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{m}^2 \text{K/W}$
tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{m}^2 \text{K/W}$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{m}^2 \text{K/W}$
argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{m}^2 \text{K/W}$
tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{m}^2 \text{K/W}$
área do tijolo $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{m}^2$
área da argamassa $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{m}^2$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
Reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{m}^2 \text{K/W}$
Argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{m}^2 \text{K/W}$
Tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{m}^2 \text{K/W}$
Área do tijolo $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{m}^2$
Área da argamassa $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{m}^2$
Resistência total das camadas $R = 0,011 + 0,0026 / ((0,011/0,16) + (0,0026/0,10)) = 0,14 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 = 0,44 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Transmitância $U = 1/0,44 = 2,27 \text{ W/m}^2 \text{K}$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
OSB $R = 0,011/0,12 = 0,09 \text{m}^2 \text{K/W}$

Placa cimentícia $R= 0,010/0,95= 0,01\text{m}^2\text{K/W}$

Ar $R= 0,12/0,16= 0,75\text{m}^2\text{K/W}$

Estrutura em alumínio $R=0,12/205= 0,00006\text{m}^2\text{K/W}$

Área de ar $A= 0,5*1=0,5\text{m}^2$

Área da estrutura metálica $A= (0,12*0,5)+(0,12*1)=0,18\text{m}^2$

Resistência total das camadas $R=0,5+0,18/((0,05/0,75)+(0,18/0,00006))= 0,000023 \text{ m}^2\text{K/W}$

Resistência total da parede $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04=0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$

Transmitância $U= 1/0,37 = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez

=====

Arquivo 1: [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Arquivo 2: <https://faeng.ufms.br/files/2015/01/2004-Estudo-das-vari%C3%A1veis-clim%C3%A1ticas-internas-que-influenciam-no-conforto-t%C3%A9rmico-e-na-efici%C3%A1ncia-energ%C3%A9tica-do-RU-UFMS.pdf> (4241 termos)

Termos comuns: 135

Similaridade: 1,31%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento <https://faeng.ufms.br/files/2015/01/2004-Estudo-das-vari%C3%A1veis-clim%C3%A1ticas-internas-que-influenciam-no-conforto-t%C3%A9rmico-e-na-efici%C3%A1ncia-energ%C3%A9tica-do-RU-UFMS.pdf> (4241 termos)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno
Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e

resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados **ao longo do** período de inverno. Entre os principais resultados, observou-**se que a** parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de **redução de ganho** térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método **que pode ser** replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical **em relação ao ganho térmico das edificações**.

Palavras-Chave: Arquitetura. **Conforto térmico. Eficiência energética.** Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, **são as condições** geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de **troca de calor entre** os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três

esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto. Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de muitas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético

de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020). O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas **que podem ser** alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam **ao fato de** que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, **em que se encontra**. O **desempenho térmico das** paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas **às condições de conforto e de moradia** no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições **no conforto térmico das edificações** (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos **de calor**, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção **no verão e** no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela **transferência de calor e, no inverno, a** indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas **de calor que** reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo

de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade **do ar** e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio **em que se encontra** e do emprego de elementos construtivos que reduzam o **consumo de energia** durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento **de um ambiente** térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada **de um ambiente** (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão **entre o ambiente** urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a **se sentir confortáveis** ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha **de calor** - a vegetação intercepta e absorve **a radiação solar**, reduz **a temperatura da superfície** vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, **a radiação solar** é absorvida pela vegetação, o que diminui o **fluxo de calor** pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores **da temperatura interna do edifício** no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio **consumo de energia** em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar **a transferência de calor** entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento **direto e indireto** ou ainda biowalls, quando utilizado **no interior dos** espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora **de calor e** um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação **da temperatura externa** de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante **de calor e** a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução **da temperatura interna** de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com **a temperatura externa, a redução de 13,15°C** foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos **com e sem** a parede verde tiveram temperaturas abaixo **da temperatura externa** na maior parte do período monitorado, levando **à conclusão de que** esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento **da temperatura interna** dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As **temperaturas da superfície da** parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes **do dia**. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escadas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da **temperatura da superfície** interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, **no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP**, resultando que **quanto maior for** o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar **a radiação solar**. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??**temperatura do ar e** temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação **de uma parcela** de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas **temperaturas da superfície** e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da **temperatura da superfície** externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C **da interna**. O jardim também obteve diminuição térmica, para as **temperaturas da superfície** do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para **as temperaturas externas** da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo **as temperaturas do ar e** da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas

variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada

módulo ? onde se assumiu o **coeficiente de absorção** de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis **que influenciam no ganho térmico**, sendo elas; Temperatura, **umidade relativa do ar**, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e

vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = A_a + A_b + \dots A_n / ((A_a/R_a) + (A_b/R_b) + \dots (A_n/R_n))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 + 0,3 = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 + 0,3 = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados

possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, **que pode ser** observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica **que os dados** possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria **com e sem** cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de **alvenaria com cobertura** verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se **que a** aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que **a utilização de** vegetação pode reduzir **o ganho térmico de uma edificação e**, com base nesses referenciais, se propôs **o objetivo deste** estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em

alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANZO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d> . Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. **International Journal of** Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento **no conforto térmico de** vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRÍÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos

Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32

Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45

Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58

Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura

Steel frame sem cobertura 18,43

Steel frame com cobertura 17,59

Alvenaria sem cobertura 17,69

Alvenaria com cobertura 17,19

Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno

Steel frame sem cobertura 95,6

Steel frame com cobertura 88,59

Alvenaria sem cobertura 100

Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W

argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W

tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W

argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W

tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²

área da argamassa A= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

Reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W

Argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W

Tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²

Área da argamassa A= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/016)+(0,0026/0,10)= 0,14 m²K/W

Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W

Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

OSBR= $0,011/0,12 = 0,09 \text{m}^2 \text{K/W}$ Placa cimentícia $R = 0,010/0,95 = 0,01 \text{m}^2 \text{K/W}$ Ar $R = 0,12/0,16 = 0,75 \text{m}^2 \text{K/W}$ Estrutura em alumínio $R = 0,12/205 = 0,00006 \text{m}^2 \text{K/W}$ Área de ar $A = 0,5 * 1 = 0,5 \text{m}^2$ Área da estrutura metálica $A = (0,12 * 0,5) + (0,12 * 1) = 0,18 \text{m}^2$ Resistência total das camadas $R = 0,5 + 0,18 / ((0,05/0,75) + (0,18/0,00006)) = 0,000023 \text{ m}^2 \text{K/W}$ Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 = 0,37 \text{ m}^2 \text{K/W}$ Transmitância $U = 1/0,37 = 2,70 \text{ W/m}^2 \text{K}$

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

20

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Arquivo 2: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693/1871> (4933 termos)

Termos comuns: 125

Similaridade: 1,14%

O texto abaixo é o conteúdo do documento artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693/1871> (4933 termos)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no **ganho térmico por** superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no **ganho térmico por** superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de **Mestrado em Engenharia** de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do **Mestrado em Engenharia** de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no **ganho térmico por** superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, **com uso de** análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados ao longo do período de inverno. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo

o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que **reforça que o** elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, **uma vez que** apresenta, não apenas resultados, mas um método **que pode ser** replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho **térmico das edificações**.

Palavras-Chave: Arquitetura. **Conforto térmico. Eficiência energética.** Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain **of the building**, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation **to the thermal** gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. **Thermal comfort. Energy efficiency.** Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar **o processo de** troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não **de jardim vertical**. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado **um jardim vertical** para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto . Contudo, no Brasil, ainda **são necessários mais** estudos nessa área, **uma vez que grande parte da energia** se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, **uma vez que** depende de multiphas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no **conforto térmico e consequentemente no desempenho energético** desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica **por meio de** paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica **por meio da** mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação **de jardim vertical**.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no **ganho térmico por** superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, **com uso de** análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (**de temperatura e umidade** interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as **temperatura e umidade** internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, **uma vez que** varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no **desempenho térmico de uma** edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, **temperatura e umidade** interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo **térmico das edificações**. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização **de vegetação em** superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, **desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas **que podem ser alcançadas** com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos **diferentes tipos de** suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER *et al.*, 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER *et al.*, 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES *et al.*, 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O **desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas** às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto **térmico das edificações** (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção **no verão e no inverno**, pois afeta **a capacidade de absorção** da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a indolência define **a capacidade de aproveitar** a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas **de calor que reduz a transmissão** e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir **a cobertura vegetal** natural **por edifícios e ruas** pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial **nos centros urbanos**, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como **ilha de calor**. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os

efeitos negativos **da ilha de calor** urbana resultam em baixa qualidade **do ar** e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO *et al.*, 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o **consumo de energia** durante a utilização do espaço (CONSOLI *et al.*, 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS *et al.*, 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre **o ambiente urbano** e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar **direta ou indiretamente** o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram **a sensação de** estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, **por meio de** raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI *et al.*, 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito **ilha de calor** - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio **do processo de evapotranspiração** (PERINI *et al.*, 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar **é absorvida pela** vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. **Por outro lado**, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio **consumo de energia** em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando

utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escadas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um

modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada

módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, **uma vez que** os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados **de temperatura e umidade** externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim **para a redução da temperatura interna**. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme **a passagem do inverno** e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da **umidade do ar** interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, **a cobertura vegetal** vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com **a cobertura vegetal** vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande **diferença entre os** módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo **de calor, no caso de** paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia **a necessidade de** se conhecer a área destes, conforme **observado na figura** 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse **tipo de fechamento**. A fórmula para isso é expressa como: $R = A_a + A_b + \dots + A_n / ((A_a/R_a) + (A_b/R_b) + \dots + (A_n/R_n))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre **a área de** cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por **uma camada de** reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados **na figura 09**.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com **a cobertura vegetal**, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 + 0,3 = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. **Estes módulos são** compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados **na figura 10**.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com **a cobertura vegetal**, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 + 0,3 = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho **térmico de uma** edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de

medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados [na figura 11](#).

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, [que pode ser observado na](#) imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com [a cobertura vegetal](#), onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa [entende-se que a aplicação de jardins verticais pode](#) trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho [térmico de uma](#) edificação e, com base nesses referenciais, se propôs [o objetivo deste](#) estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no [ganho térmico por superfícies verticais \(paredes\)](#) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu [por meio de](#) simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com [a redução de](#) ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica

dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS **por meio de** estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho **térmico das edificações**, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, **uma vez que** foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras **uma vez que** apresenta não apenas resultados, mas também um método **que pode ser** replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho **térmico das edificações**.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se **a realização de** estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho **térmico das edificações**. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

BEN ? Balanço Energético Nacional 2020. Relatório síntese/ Ano Base 2019. EPE: Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ. 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 MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17-03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <[https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009](https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>.. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <a href=). Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. *Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu*, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica **de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua**. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades **para o ambiente urbano**. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf
MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas** em edificações no sudeste brasileiro, *Ambiente Construído*, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico **de jardim vertical do tipo fachada verde indireta**:

estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobbie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillipre Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres **de. Jardim vertical**: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e **ilhas de calor** urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRÍÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

MesesSteel frame sem coberturaSteel frame com coberturaBloco cerâmico sem coberturaBloco cerâmico

Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
RebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
ArgamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
TijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
Área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²
Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/0,16)+(0,0026/0,10)= 0,14 m²K/W
Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W
Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W
Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar $R = 0,12/0,16 = 0,75 \text{m}^2\text{K/W}$

Estrutura em alumínio $R = 0,12/205 = 0,00006 \text{m}^2\text{K/W}$

Área de ar $A = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{m}^2$

Área da estrutura metálica $A = (0,12 \times 0,5) + (0,12 \times 1) = 0,18 \text{m}^2$

Resistência total das camadas $R = 0,5 + 0,18 / ((0,05/0,75) + (0,18/0,00006)) = 0,000023 \text{ m}^2\text{K/W}$

Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 = 0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$

Transmitância $U = 1/0,37 = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Arquivo 2: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf (35418 termos)

Termos comuns: 388

Similaridade: 0,94%

O texto abaixo é o conteúdo do documento artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf (35418 termos)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais **no período de inverno**

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais **no período de inverno**

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado **em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado **em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado **em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado **em Engenharia de Energia** na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais **no período de inverno**. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a **temperatura média**, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e **resistência térmica**. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 **de cada tipo**, e coletou-se os dados **ao longo do período de inverno**. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo

o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material **de referência para** pesquisas futuras, **uma vez que** apresenta, não apenas resultados, mas um método **que pode ser** replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical **em relação ao ganho térmico das edificações**.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar **o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando** aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência **ou não de** jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como **a latitude do local** onde o estudo foi realizado, clima e microclima e **o período do ano** avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere **no processo de** troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, **a existência de um painel de vegetação** interfere tanto **na transmitância térmica** ? **processo de troca de calor entre os meios** ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? **de uma superfície**. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto . Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, **uma vez que** grande **parte da energia** se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de multiphas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, **desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas **que podem ser alcançadas** com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente **para aumentar a eficiência** no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem **e devem ser** complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades **de energia do** país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER *et al.*, 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica **e para o cumprimento** das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER *et al.*, 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico **e às condições** que levam **ao fato de que** algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, **temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica** (RODRIGUES *et al.*, 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, **em que se encontra**. O **desempenho térmico** das paredes **de vedação**, **e** demais propriedades, que estão diretamente relacionadas **às condições de conforto** e de moradia no edifício, **devem ser avaliadas** levando em consideração os demais componentes de vedação **verticais e horizontais** (RORIZ, 2013). 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 melhores condições **no conforto térmico das edificações** (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à **eficiência energética e ganhos de calor**, segundo Frota e Schiffer (2009), **também deve ser** enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta **a capacidade de absorção da construção no verão**. A **temperatura** sobe pela **transferência de calor** e, no inverno, a **indolência** define **a capacidade de aproveitar a luz do sol**. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações **internas de calor** que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à **sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais** e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do **calor gerado por máquinas e pessoas** e combinado com **o fluxo de energia**, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como **ilha de calor**. Esse fenômeno cria **uma circulação de ar** peculiar que **faz com que a cidade** pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os

efeitos negativos da **ilha de calor** urbana resultam em baixa **qualidade do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano** (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio **em que se encontra e do emprego de elementos construtivos** que reduzam **o consumo de energia** durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos **sobre conforto térmico visam** analisar e criar **condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas**, bem como métodos e **princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente** (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram **a sensação de** estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, **por meio de raízes**, diretamente fixas na alvenaria, **ou através de estrutura específica**, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais **para o desenvolvimento** das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito **ilha de calor** - a vegetação intercepta e absorve **a radiação solar**, reduz **a temperatura da superfície** vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e **da época do ano**. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. **No verão, a radiação solar é absorvida** pela vegetação, o que diminui **o fluxo de calor pela** fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores **da temperatura interna do edifício** no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio **consumo de energia em até 8%**. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar **a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício** (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em **paredes externas e/ou internas** dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando

utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escadas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um

modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada

módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar **valores entre -1 e 1 com o** teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base **resultados de experimentos** anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna **do ar**. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, **uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias**. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde **o resultado obtido** foi de 0,99. Considerando que **os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido** demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim **para a redução da temperatura interna**. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início **dia 21 de junho** e se estende até **o dia 21 de setembro**. Na figura 02 são apresentados **o cálculo da média mensal**.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas **no período de junho a setembro** de 2021, relativas **ao período de inverno**

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, **que a temperatura média** possui a tendência de aumento conforme **a passagem do inverno** e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, **e o mesmo** ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim **do período de inverno**, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior **a temperatura externa**. Contudo, ao se avaliar apenas **o desempenho térmico** interno, figura 04, **percebe-se que** ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais **e a temperatura externa** média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados **o comportamento da umidade relativa do ar no período** compreendido de inverno. **Observou-se que a média da umidade interna** para ambos os módulos de alvenaria **foi a mesma ? de 100% - em todos os** períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio **da umidade do ar** interna **no período de inverno**

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que **no inverno, a** cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande **diferença entre os** módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao **se observar a figura 06**, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado **torna-se mais** evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos **é a transmitância térmica**. Para obter este dado, utilizou-se **o cálculo de transmitância térmica** que considera **o coeficiente de transmitância dos materiais** de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, **dos materiais** de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: **cálculo da resistência térmica** das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após **o cálculo da resistência**, é necessário encontrar a área referente aos materiais, **de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes** é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia **a necessidade de** se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? **horizontal e vertical** ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: **cálculo da resistência térmica e** áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+\dots(An/Rn))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R= 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04 + 0,3 =0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R= 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04+ 0,3 =0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de

medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica

dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS **por meio de estatística descritiva**, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que **a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações**, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo **se tratar de** ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica **que o resultado obtido é um fenômeno local e que não** necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente **ao período de realização do** estudo, **uma vez que** foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material **de referência para** pesquisas futuras **uma vez que** apresenta não apenas resultados, mas também um método **que pode ser** replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical **em relação ao ganho térmico das edificações**.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 **estações do ano** observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17-03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de **propriedades térmicas do** solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, **Foz do Iguaçu**, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência **Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua**. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, **Instituto Nacional de Eficiência Energética**. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e **Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo.** ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANZO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro**, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta:

estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobbie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillipre Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e **dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras**. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRIÇÃO

O1 Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2 Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3 Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4 Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Steel frame sem cobertura Steel frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico

Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

RebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
ArgamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
TijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
Área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²
Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/0,16)+(0,0026/0,10)= 0,14 m²K/W
Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W
Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W
Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar $R = 0,12/0,16 = 0,75 \text{m}^2\text{K/W}$

Estrutura em alumínio $R = 0,12/205 = 0,00006 \text{m}^2\text{K/W}$

Área de ar $A = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{m}^2$

Área da estrutura metálica $A = (0,12 \times 0,5) + (0,12 \times 1) = 0,18 \text{m}^2$

Resistência total das camadas $R = 0,5 + 0,18 / ((0,05/0,75) + (0,18/0,00006)) = 0,000023 \text{ m}^2\text{K/W}$

Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 = 0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$

Transmitância $U = 1/0,37 = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez

=====

Arquivo 1: [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Arquivo 2:

[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMI CO.pdf \(2439 termos\)](#)

Termos comuns: 44

Similaridade: 0,51%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMI CO.pdf \(2439 termos\)](#)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e

resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados **ao longo do** período de inverno. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho **térmico das edificações**.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca **de calor entre** os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três

esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto. Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de multiphas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no **conforto térmico** e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica **por meio de** paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais **de conforto térmico** para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo **térmico das edificações**. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético

de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020). O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas **que podem ser** alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O **desempenho térmico das** paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas **às condições de conforto** e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação **verticais e horizontais** (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto **térmico das edificações** (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e **ganhos de calor**, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade **de absorção da** construção no verão. A temperatura sobe pela transferência **de calor e**, no inverno, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo

de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade **do ar e** aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e **dimensionamento de um** ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, **principalmente aqueles que** lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, **por meio de** raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. **Por outro lado**, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência **de calor entre o** interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando utilizado **no interior dos** espaços, com intuito de melhorar **o meio ambiente** (MANSO et al., 2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora **de calor e** um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante **de calor e** a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência **do uso da** parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escalas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação **da radiação solar** de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie , maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura **do ar e** temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar **os efeitos de** um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas **do ar e** da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas

variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda **como uma de suas** características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as **quanto ao conforto térmico e** eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, **no interior dos** quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada

módulo ? onde se assumiu o **coeficiente de absorção** de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e

vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais **de um material**, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = A_a + A_b + \dots A_n / ((A_a/R_a) + (A_b/R_b) + \dots (A_n/R_n))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 + 0,3 = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 + 0,3 = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U = 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados

possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o **meio ambiente** (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em

alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS **por meio de estatística descritiva**, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho **térmico das edificações**, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho **térmico das edificações**.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho **térmico das edificações**. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência **Térmica de um** Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para attenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no **conforto térmico** de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRÍÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos

Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32

Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45

Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58

Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura

Steel frame sem cobertura 18,43

Steel frame com cobertura 17,59

Alvenaria sem cobertura 17,69

Alvenaria com cobertura 17,19

Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno

Steel frame sem cobertura 95,6

Steel frame com cobertura 88,59

Alvenaria sem cobertura 100

Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W

argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W

tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W

argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W

tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²

área da argamassa A= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

Reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W

Argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W

Tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²

Área da argamassa A= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/0,16)+(0,0026/0,10))= 0,14 m²K/W

Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W

Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W

Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar R= 0,12/0,16= 0,75m²K/W

Estrutura em alumínio R=0,12/205= 0,00006m²K/W

Área de ar A= 0,5*1=0,5m²

Área da estrutura metálica A= (0,12*0,5)+(0,12*1)=0,18m²

Resistência total das camadas R=0,5+0,18/((0,05/0,75)+(0,18/0,00006))= 0,000023 m²K/W

Resistência total da parede R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04=0,37 m²K/W

Transmitância U= 1/0,37 = 2,70 W/m²K

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

20

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Arquivo 2: <https://maestrovirtuale.com/variavel-dependente-e-independente-o-que-sao-com-exemplos> (1424 termos)

Termos comuns: 25

Similaridade: 0,33%

O texto abaixo é o conteúdo do documento artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento <https://maestrovirtuale.com/variavel-dependente-e-independente-o-que-sao-com-exemplos> (1424 termos)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados ao longo do período de inverno. Entre os

principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, **uma vez que** apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários **o comportamento do** jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical **para avaliar se** a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto . Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, **uma vez que** grande parte da

energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019). Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de muitas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmado que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto térmico das edificações (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação

de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde,

sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado **pelo uso de** coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escadas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, **em um estudo que** objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. **No que diz respeito à** influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar **os efeitos de um** jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e

bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, **uma vez que** se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre **a variável dependente** de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e

horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, **uma vez que** os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99.

Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, **de acordo com** o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+\dots(An/Rn))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste.

Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R= 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04 + 0,3 =0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R= 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04+ 0,3 =0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. **Isso pode ser** um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para **cada um dos** 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 **o que indica** que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e

0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se

dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, **o que indica** que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, **uma vez que** foi realizada no período do inverno **o que indica** que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras **uma vez que** apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, **o comportamento do** jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando **o comportamento do** jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

BEN ? Balanço Energético Nacional 2020. Relatório síntese/ Ano Base 2019. EPE: Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ. Maio, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topicos-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020- ab%20202019_Final.pdf Acesso em: 06 jan. 2021.

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>>; Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda

Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANZO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRIÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal



Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
RebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
ArgamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
TijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
Área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²
Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/0,16)+(0,0026/0,10))= 0,14 m²K/W
Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W
Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W

Placa cimentícia $R= 0,010/0,95= 0,01\text{m}^2\text{K/W}$

Ar $R= 0,12/0,16= 0,75\text{m}^2\text{K/W}$

Estrutura em alumínio $R=0,12/205= 0,00006\text{m}^2\text{K/W}$

Área de ar $A= 0,5*1=0,5\text{m}^2$

Área da estrutura metálica $A= (0,12*0,5)+(0,12*1)=0,18\text{m}^2$

Resistência total das camadas $R=0,5+0,18/((0,05/0,75)+(0,18/0,00006))= 0,000023\text{ m}^2\text{K/W}$

Resistência total da parede $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04=0,37\text{ m}^2\text{K/W}$

Transmitância $U= 1/0,37 = 2,70\text{ W/m}^2\text{K}$

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Arquivo 2:

Termos comuns: 24

Similaridade: 0,31%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame

aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados ao longo do período de inverno. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto

. Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de muitas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI ,2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a **transmitância térmica** por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no **desempenho térmico de** uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando

que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto térmico das edificações (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela **transferência de calor** e, no inverno, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas **de calor que** reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o **fluxo de energia**, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades,

chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são

cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da **temperatura externa de 9,5 ° C**, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da **temperatura interna de** até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escalas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação **da radiação solar** de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da **superfície e o** mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície **externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C** da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e

presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há **diferença entre a** utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção **de calor em** 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes

variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais **e a temperatura** externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é **a transmitância térmica**. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância **dos materiais** de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, **dos materiais** de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de **fluxo de calor**, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+\dots(An/Rn))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências **interna e externa** da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R=0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04 + 0,3 =0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R=0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04+ 0,3 =0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor **transmitância térmica** e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para

confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de

parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf
MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. **C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro**, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRIÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2 \text{K/W}$

argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2 \text{K/W}$

tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2 \text{K/W}$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2 \text{K/W}$

argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2 \text{K/W}$

tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2 \text{K/W}$

área do tijolo $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{ m}^2$

área da argamassa $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{ m}^2$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

Reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2 \text{K/W}$

Argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2 \text{K/W}$

Tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2 \text{K/W}$

Área do tijolo $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{ m}^2$

Área da argamassa $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{ m}^2$

Resistência total das camadas $R = 0,011 + 0,0026 / ((0,011 / 0,16) + (0,0026 / 0,10)) = 0,14 \text{ m}^2 \text{K/W}$

Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 = 0,44 \text{ m}^2 \text{K/W}$

Transmitância $U = 1 / 0,44 = 2,27 \text{ W/m}^2 \text{K}$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W

Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar R= 0,12/0,16= 0,75m²K/W

Estrutura em alumínio R=0,12/205= 0,00006m²K/W

Área de ar A= 0,5*1=0,5m²

Área da estrutura metálica A= (0,12*0,5)+(0,12*1)=0,18m²

Resistência total das camadas R=0,5+0,18/((0,05/0,75)+(0,18/0,00006))= 0,000023 m²K/W

Resistência total da parede R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04=0,37 m²K/W

Transmitância U= 1/0,37 = 2,70 W/m²K

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Arquivo 2: [https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/qual-o-nivel-de-umidade-ideal-do-ar-no-inverno-e-no-verao-de-que-forma-se-pode-medir-isso.html \(715 termos\)](https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/qual-o-nivel-de-umidade-ideal-do-ar-no-inverno-e-no-verao-de-que-forma-se-pode-medir-isso.html)

Termos comuns: 13

Similaridade: 0,18%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento [https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/qual-o-nivel-de-umidade-ideal-do-ar-no-inverno-e-no-verao-de-que-forma-se-pode-medir-isso.html \(715 termos\)](https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/qual-o-nivel-de-umidade-ideal-do-ar-no-inverno-e-no-verao-de-que-forma-se-pode-medir-isso.html)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame

aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados ao longo do período de inverno. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto

. Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, **uma vez que** grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, **uma vez que** depende de muitas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI ,2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, **uma vez que** varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando

que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, **em que se encontra**. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto térmico das edificações (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção **no verão e no inverno**, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor **e, no inverno**, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades,

chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa **qualidade do ar** e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio **em que se encontra** e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são

cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escalas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie , maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e

presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, **uma vez que** se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e **umidade do ar**, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; **para que** pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes

variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa **do ar no** período compreendido de inverno. **Observou-se que a** média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da **umidade do ar** interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, **de acordo com** o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+\dots(An/Rn))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R=0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04 + 0,3 =0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R=0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04+ 0,3 =0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para

confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico.

Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de

parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, **uma vez que** foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras **uma vez que** apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17-03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, **Instituto Nacional de Eficiência Energética**. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRIÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2 \text{K/W}$
argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2 \text{K/W}$
tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2 \text{K/W}$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2 \text{K/W}$
argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2 \text{K/W}$
tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2 \text{K/W}$
área do tijolo $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{ m}^2$
área da argamassa $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{ m}^2$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

Reboco $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Argamassa $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Tijolo $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Área do tijolo $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{ m}^2$
Área da argamassa $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{ m}^2$
Resistência total das camadas $R = 0,011 + 0,0026 / ((0,011 / 0,16) + (0,0026 / 0,10)) = 0,14 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 = 0,44 \text{ m}^2 \text{K/W}$
Transmitância $U = 1 / 0,44 = 2,27 \text{ W/m}^2 \text{K}$

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W

Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar R= 0,12/0,16= 0,75m²K/W

Estrutura em alumínio R=0,12/205= 0,00006m²K/W

Área de ar A= 0,5*1=0,5m²

Área da estrutura metálica A= (0,12*0,5)+(0,12*1)=0,18m²

Resistência total das camadas R=0,5+0,18/((0,05/0,75)+(0,18/0,00006))= 0,000023 m²K/W

Resistência total da parede R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04=0,37 m²K/W

Transmitância U= 1/0,37 = 2,70 W/m²K

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Arquivo 2: [https://www.greelane.com/pt/ci%C3%AAncia-tecnologia-matem%C3%A1tica/ci%C3%AAncia/independent-and-dependent-variable-examples-606828 \(796 termos\)](https://www.greelane.com/pt/ci%C3%AAncia-tecnologia-matem%C3%A1tica/ci%C3%AAncia/independent-and-dependent-variable-examples-606828)

Termos comuns: 10

Similaridade: 0,14%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx \(6150 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

[https://www.greelane.com/pt/ci%C3%AAncia-tecnologia-matem%C3%A1tica/ci%C3%AAncia/independent-and-dependent-variable-examples-606828 \(796 termos\)](https://www.greelane.com/pt/ci%C3%AAncia-tecnologia-matem%C3%A1tica/ci%C3%AAncia/independent-and-dependent-variable-examples-606828)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame

aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados ao longo do período de inverno. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto

. Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de muitas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI ,2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar **o teste de estatística descritiva**, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e **o teste de médias** por meio do teste T pareado, onde **a variável independente** fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão **de que a** utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmando

que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto térmico das edificações (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades,

chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são

cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escalas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, **em um estudo** que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e

presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes

variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 **com o teste de** correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência **da variável dependente** analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se **o teste de** correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação **de que a** existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+\dots(An/Rn))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R=0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04 + 0,3 =0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R=0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04+ 0,3 =0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para

confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de

parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillippe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRIÇÃO

O1Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Stell frame sem cobertura Stell frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico
Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W
área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
área da argamassa A= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

Reboco R= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
Argamassa R= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
Tijolo R= 0,11/0,70=0,16m²K/W
Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
Área da argamassa A= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²
Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/016)+(0,0026/0,10)= 0,14 m²K/W
Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W
Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO

OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W

Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar R= 0,12/0,16= 0,75m²K/W

Estrutura em alumínio R=0,12/205= 0,00006m²K/W

Área de ar A= 0,5*1=0,5m²

Área da estrutura metálica A= (0,12*0,5)+(0,12*1)=0,18m²

Resistência total das camadas R=0,5+0,18/((0,05/0,75)+(0,18/0,00006))= 0,000023 m²K/W

Resistência total da parede R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04=0,37 m²K/W

Transmitância U= 1/0,37 = 2,70 W/m²K

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021
Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez



=====

Arquivo 1: artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Arquivo 2: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005073> (382 termos)

Termos comuns: 6

Similaridade: 0,09%

O texto abaixo é o conteúdo do documento artigo - dados inverno para revisao orientador 28112021.docx (6150 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005073> (382 termos)

=====

Gabriela Bandeira Jorge ? Rafael Venturin Piacentini ? Heitor Othelo Jorge Filho ? Maritane Prior ?
Samuel Nelson Melegari de Souza

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

Interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno

JORGE, Gabriela Bandeira

[1: Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com]

PIACENTINI, Rafael Venturin

[2: Especialista. E-mail: Rafael.venturin@gmail.com]

JORGE FILHO, Heitor Othelo

[3: Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com]

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de

[4: Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br]

PRIOR, Maritane

[5: Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br]

Resumo

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de steel frame aplicado a parede verde, a 1 de cada tipo, e coletou-se os dados ao longo do período de inverno. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo

o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em diferentes cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Palavras-Chave: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

Vertical garden interference in thermal gain by vertical surfaces in the winter period

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. To achieve this objective, an exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of the data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - where the Korolgomov-Smirnov test was adopted and the test of means through the paired T test, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall, 1 of each type, and data were collected throughout the winter period. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element of thermal gain reduction is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in different scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo pretende identificar o processo de troca térmica entre os meios interno e externo de edificações, considerando aspectos técnicos como técnica construtiva (alvenaria convencional e steel frame) e existência ou não de jardim vertical. Outro aspecto considerado no estudo, são as condições geográficas como a latitude do local onde o estudo foi realizado, clima e microclima e o período do ano avaliado. Para isso, foram construídos 4 módulos, sendo 2 em alvenaria e 2 em steel frame. Além disso em um módulo de cada técnica construtiva foi executado um jardim vertical para avaliar se a existência deste, interfere no processo de troca térmica da superfície. Com os resultados obtidos identificou-se que sim, a existência de um painel de vegetação interfere tanto na transmitância térmica ? processo de troca de calor entre os meios ? como na resistência térmica ? capacidade de resistir a troca térmica ? de uma superfície. Isso fica evidente pelos resultados obtidos nos cálculos de transmitância e resistência entre os quatro diferentes módulos.

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental ? as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto . Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER et al., 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de multiphas variáveis desde geográficas ? como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado ? até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e consequentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI ,2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul) as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e steel frame) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados ? onde se utilizou os softwares Excel e SPSS Statistics para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade ? onde adotou-se o teste Korolgomov-Smirnov (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperatura e umidade internas de todos os dias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e resistência foram calculados por meio das fórmulas convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do steel frame ? referente a condutibilidade dos materiais ? foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis ? resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna ? em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controlo térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas e confirmado que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo nas questões observadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO OU REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é 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 (BEN, 2020). O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER et al., 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER et al., 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES et al., 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013). 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 melhores condições no conforto térmico das edificações (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a indolência define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os

efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO et al., 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI et al., 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), 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.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis ??em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

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).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI et al., 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados ??pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI et al., 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda biowalls, quando

utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Segundo estudos de OLIVEIRA et al., 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus et al., (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escalas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ, 2019, em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru-SP, resultando que quanto maior for o potencial de sombreamento da espécie , maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis ??temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol, 2019, objetivou determinar os efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram uma influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve diminuição térmica, para as temperaturas da superfície do pacote protegido versus o pacote de controle de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície e 2,7 ° C para as mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar diretamente.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução ? Steel frame e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um

modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (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 produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, 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 as quais formaram a base de dados analisada pelo software SPSS, 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, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

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, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a unidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em Excel. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Statistics. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na figura 01.

Figura 01: Descrição dos módulos usados no experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes que foram realizados pelo Excel se limitaram aos testes de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, eles avaliaram se há correlação entre a variável dependente de cada módulo ? onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor ? com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada

módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto ? referente a estatística descritiva ? gráficos e quadros, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram feitas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Esse procedimento gerou um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar que existe correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no Excel onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. A análise dos resultados, teve como base introdutória a estação do ano inverno ? tendo início dia 21 de junho e se estende até o dia 21 de setembro. Na figura 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

Figura 02: Média de temperatura mensal (o C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas ao período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se na figura 03, que a temperatura média possui a tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Figura 03: Gráfico de Média de temperatura mensal ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Nota-se que no primeiro período analisado (referente ao mês de junho), todos os 4 módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo (julho), o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de steel frame com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, figura 04, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Figura 04: Média de temperaturas

Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 05, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma ? de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Figura 05: Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em steel frame observa-se que há variação na umidade onde o módulo com a cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna. Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm³ (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais, visto que há essa grande diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em steel frame. Ao se observar a figura 06, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Figura 06: Média de umidade geral ? Inverno

Fonte: Arquivo pessoal

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a formula (Resistência= Espessura/condutibilidade). Desse modo para o módulo de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme figura 07, abaixo:

Figura 07: cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na figura 08. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos ? horizontal e vertical ? onde cada sentido compõe um retângulo.

Figura 08: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+\dots(An/Rn))$, ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste. Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. E por fim o cálculo utilizado foi o da transmitância térmica (transmitância = 1/ resistência total ou $U=1/R$) os cálculos podem ser observados na figura 09.

Figura 09: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R= 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04 + 0,3 =0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado então para encontrar os valores de transmitância e resistência dos módulos em steel frame. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB ? placa cimentícia ? ar+estrutura em alumínio ? placa cimentícia ? OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os cálculos podem ser observados na figura 10.

Figura 10: cálculo da resistência térmica e áreas das camadas do steel frame

Fonte: Arquivo pessoal

Para calcular resistência e transmitância do módulo em steel frame com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67. Sendo assim, a camada de vegetação fica com o cálculo $R= 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Então este valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R=0,13+ 0,09+0,09+0,01+0,01+0,000023+0,04+ 0,3 =0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi refeito, $U= 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do software SPSS statistics. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste Korogomo-Smirnov (K-S), um teste de normalidade disponível no software e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de steel frame sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de

medias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do software, os resultados obtidos podem ser observados na figura 11.

Figura 11: Resultados do teste T pareado para steel frame sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de steel frame com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na imagem 12.

Assim como no teste do módulo de steel frame sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de Asymp Sig., que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Figura 12: Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

Fonte: Arquivo pessoal

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o Asymp. Sig. 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi de zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para Asymp. Sig., também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO et al., 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus et al., (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

A pesquisa se desenvolveu por meio de simulação com execução de 4 diferentes módulos, sendo 2 em alvenaria convencional e 2 em steel frame, onde um de cada técnica construtiva recebeu aplicação de parede verde, para observar se este elemento contribui com a redução de ganho térmico. Coletou-se dados referente a temperatura interna, umidade relativa e os índices de resistência e transmitância térmica

dos módulos, posteriormente tais dados alimentaram uma base que foi analisada estatisticamente pelos softwares Excel e SPSS por meio de estatística descritiva, com foco nas médias, teste K-S para avaliar a normalidade dos dados, e teste T pareado para comparação das variáveis observadas.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações. Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

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

BESTETTI MLT. Ambiência: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAU USP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17- 03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <[https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009](https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>.. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <a href=). Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados metereológicos Fazenda Escola ? FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. *Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu*, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. Eficiência energética: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. ? 8. ed. ? São Paulo: Studio Nobel, 2009.

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

LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Apostila ? Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf

MANZO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71?81, 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. ? 6^a edição ? São Paulo Atlas, 2005.

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

MUÑOZ, Luiza Sobhie. Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta:

estudos com diferentes espécies de trepadeiras / Luiza Sobbie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OLIVERIA, Amanda Simões Souza de ; COSTA, Felipe da Silva ; MARTINS, Phillipre Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de ; OLIVEIRA, Valmir Torres de. Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

OTTELÉ, M. The green building envelope: vertical greening. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>. Acesso em: 07 set. 2021.

PERINI, K., MAGLIOCCO, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque- interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>; Acesso em: 20 dez 2020.

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.

STOUHI, Dima. Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade? [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.

Tratamentos ODESCRIÇÃO

O1 Parede em steel frame sem cobertura vegetal

O2 Parede em steel frame com cobertura vegetal

O3 Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal

O4 Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal

Meses Steel frame sem cobertura Steel frame com cobertura Bloco cerâmico sem cobertura Bloco cerâmico

Com cobertura Índices externos
Junho 14,64 14,07 13,83 13,47 13,32
Julho 15,74 14,72 14,95 14,11 4,45
Agosto 19,83 18,93 19,82 18,67 19,58
Setembro 23,52 22,63 22,92 22,21 23,99

Protótipo Média geral temperatura
Steel frame sem cobertura 18,43
Steel frame com cobertura 17,59
Alvenaria sem cobertura 17,69
Alvenaria com cobertura 17,19
Índices externos 17,84

Protótipo média do período - inverno
Steel frame sem cobertura 95,6
Steel frame com cobertura 88,59
Alvenaria sem cobertura 100
Alvenaria com cobertura 100

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
rebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
argamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
tijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
RebocoR= 0,015/1,15 = 0,013m²K/W
ArgamassaR= 0,011/1,15= 0,10m²K/W
TijoloR= 0,11/0,70=0,16m²K/W
Área do tijolo A= 0,19*0,06=0,011m²
Área da argamassaA= (0,01*0,20)+(0,01*0,06)=0,0026m²
Resistência total das camadas R=0,011+0,0026/((0,011/0,16)+(0,0026/0,10)= 0,14 m²K/W
Resistência total da parede R=0,13+ 0,13 + 0,14 +0,04=0,44 m²K/W
Transmitância U= 1/0,44 = 2,27 W/m²K

ETAPA DE CÁLCULO CÁLCULO
OSBR= 0,011/0,12= 0,09m²K/W
Placa cimentícia R= 0,010/0,95= 0,01m²K/W

Ar $R = 0,12/0,16 = 0,75 \text{m}^2\text{K/W}$

Estrutura em alumínio $R = 0,12/205 = 0,00006 \text{m}^2\text{K/W}$

Área de ar $A = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{m}^2$

Área da estrutura metálica $A = (0,12 \times 0,5) + (0,12 \times 1) = 0,18 \text{m}^2$

Resistência total das camadas $R = 0,5 + 0,18 / ((0,05/0,75) + (0,18/0,00006)) = 0,000023 \text{ m}^2\text{K/W}$

Resistência total da parede $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 = 0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$

Transmitância $U = 1/0,37 = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,3070,003

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

Variável dependente Variável independente Correlação Significância

Temperatura interna média Umidade interna média 0,1870,073

Transmitância 0,000,00

Resistência 0,000,00

8 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

20 Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez 2021

Revista Thêma et Scientia ? Vol. 11, no 2E, jul/dez