

GABRIELA BANDEIRA JORGE

UTILIZAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL VERTICAL COMO ESTRATÉGIA DE
CLIMATIZAÇÃO PASSIVA EM EDIFICAÇÕES

CASCVEL
PARANÁ – BRASIL
SETEMBRO – 2022

GABRIELA BANDEIRA JORGE

**UTILIZAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL VERTICAL COMO ESTRATÉGIA DE
CLIMATIZAÇÃO PASSIVA EM EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Maritane Prior

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
SETEMBRO – 2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Jorge, Gabriela Bandeira

Utilização de cobertura vegetal vertical como estratégia de climatização passiva em edificações / Gabriela Bandeira Jorge; orientadora Maritane Prior. -- Cascavel, 2022.
91 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2022.

1. Paredes verdes. 2. climatização passiva. 3. consumo energético. 4. conforto térmico. I. Prior, Maritane, orient. II. Título.

GABRIELA BANDEIRA JORGE

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes renováveis e racionalização de energia na agroindústria e agricultura, APROVADA pela seguinte banca examinadora:



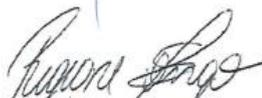
Orientadora - Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



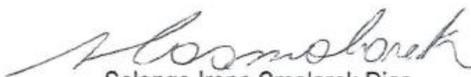
Samuel Nelson Melegari de Souza

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Regiane Slongo Fagundes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus de Toledo (UTFPR)



Solange Irene Smolarek Dias

Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG)

Cascavel, 20 de julho de 2022

“A arquitetura é a arte que determina a identidade do nosso tempo e melhora a vida das pessoas”.

Santiago Calatrava

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar comigo.

Ao meu marido, Heitor, por todo incentivo.

Ao meu filho, por ser tão compreensível e incrível.

À minha orientadora, Professora. Dra. Maritane Prior, pelo carinho, acolhimento e ensinamentos, nessa trajetória.

À Professora Karina Sanderson Adame, à Professora Luciene Kazue Tokura, à Professora Regiane Slongo Fagundes, à Professora Solange Irene Smolarek Dias, ao Pablo Chang, e ao Rafael Venturin, por terem dedicado seu precioso tempo, a minha pesquisa. Serei eternamente grata.

Aos amigos que tive o prazer em conhecer, e outros, de reencontrar, nesta caminhada, e que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

A todos os professores e envolvidos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, pela resignação e aprendizados.

Ao Centro Universitário Assis Gurgacz, pelo apoio a mim concedido.

Ao senhor Cirso Rocha, por toda atenção e auxílio, para a execução dos protótipos.

Aos colaboradores: Asgel, Gessoinove e Lótus paisagismo.

E, aos demais que, embora não mencionados aqui, foram de grande valia na preparação desta pesquisa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de construção em bloco cerâmico.....	26
Figura 2. Construção em bloco cerâmico.....	27
Figura 3. Esquema de elaboração do <i>steel frame</i>	29
Figura 4. Construção em <i>steel frame</i>	32
Figura 5. Localização terreno de implantação – FAG.....	43
Figura 6. Imagens do local – FAG, Cascavel-PR.	44
Figura 7. Dados irradiação Solar – Cascavel, PR.	45
Figura 8. Vista protótipos – Recuo para evitar sombreamento.....	45
Figura 9. Orientação Solar – FAG, Cascavel-PR.	46
Figura 10. Vista superior dos protótipos com trajetória solar e ventos predominantes.....	46
Figura 11. Vista frontal dos protótipos.....	47
Figura 12. Vista lateral direita dos protótipos.....	47
Figura 13. Vista lateral esquerda dos protótipos.....	48
Figura 14. Vista posterior interna dos protótipos.....	48
Figura 15. Vista posterior externa dos protótipos.....	48
Figura 16. Vista superior dos protótipos.....	49
Figura 17. Vista posterior interna dos protótipos 2 e 4.....	49
Figura 18. Execução dos protótipos de bloco cerâmico.....	50
Figura 19. Execução dos protótipos de bloco cerâmico.....	50
Figura 20. Execução dos protótipos de <i>steel frame</i>	51
Figura 21. Execução dos protótipos de <i>steel frame</i>	51
Figura 22. Pintura dos protótipos na cor branca.....	52
Figura 23. Protótipos executados exemplificando a orientação solar.....	52
Figura 24. Protótipos executados exemplificando a orientação solar.....	52
Figura 25. Protótipos executados exemplificando a orientação solar.....	52
Figura 26. Vaso jardineira de parede.....	53
Figura 27. Execução do jardim vertical – vasos.....	53
Figura 28. Execução do jardim vertical – colocação argila, terra e planta.....	54
Figura 29. Execução do jardim vertical – colocação argila, terra e planta.....	54
Figura 30. Execução do jardim vertical – colocação argila, terra e planta.....	54
Figura 31. Rega manual.....	54
Figura 32. Módulos 2 e 4 – Jardim vertical no dia de instalação.....	55
Figura 33. Módulos 2 e 4 – Jardim vertical no dia de instalação.....	55
Figura 34. Módulos 2 e 4 – Jardim vertical trinta dias após instalação.....	55
Figura 35. Módulos 2 e 4 – Jardim vertical trinta dias após instalação.....	55
Figura 36. Módulos 2 e 4 – Jardim vertical sessenta dias após instalação.....	56
Figura 37. Módulos 2 e 4 – Jardim vertical sessenta dias após instalação.....	56
Figura 38. Medidor de temperatura e umidade.....	57
Figura 39. Medidor SONOFF já instalado.....	58
Figura 40. Medidor SONOFF já instalado.....	58
Figura 41. Aplicativo <i>eWeLink</i> – demonstrativo de coleta de dados.....	58
Figura 42. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>Steel frame</i> sem cobertura verde, na estação de outono.....	60

Figura 43. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>Steel frame</i> com cobertura verde, na estação de outono.....	60
Figura 44. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de Bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de outono.....	61
Figura 45. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de Bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de outono.....	61
Figura 46. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>Steel frame</i> sem cobertura verde, na estação de inverno.....	62
Figura 47. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>Steel frame</i> com cobertura verde, na estação de inverno.....	62
Figura 48. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de inverno.....	63
Figura 49. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de inverno.....	63
Figura 50. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, na estação de primavera.....	64
Figura 51. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>steel frame</i> com cobertura verde, na estação de primavera.....	64
Figura 52. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de primavera.....	65
Figura 53. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de primavera.....	65
Figura 54. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, na estação de verão.....	66
Figura 55. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de <i>steel frame</i> com cobertura verde, na estação de verão.....	66
Figura 56. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de verão.....	67
Figura 57. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de verão.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos módulos usados no experimento.....	59
Tabela 2. Valores médios de temperatura interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de outono.....	68
Tabela 3. Valores médios de temperatura interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de inverno.....	70
Tabela 4. Valores médios de temperatura interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de primavera.....	71
Tabela 5. Valores médios de temperatura interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de verão.....	72
Tabela 6. Valores médios de umidade interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de outono.....	74
Tabela 7. Valores médios de umidade interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de inverno.....	75
Tabela 8. Valores médios de umidade interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de primavera.....	75
Tabela 9. Valores médios de umidade interna dos módulos de <i>steel frame</i> sem cobertura verde, <i>steel frame</i> com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de verão.....	76

JORGE, Gabriela Bandeira. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, julho 2022. **Utilização de cobertura vegetal vertical como estratégia de climatização passiva em edificações.** Orientadora: Prof^a. Maritane Prior.

RESUMO

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

PALAVRAS-CHAVE: paredes verdes; eficiência energética; conforto térmico; climatização passiva.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

JORGE, Gabriela Bandeira. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, julho 2022. **Use of vertical vegetation cover as a passive climate control strategy in buildings.** Advisor: Prof^a. Maritane Prior.

ABSTRACT

The use of vertical vegetation cover, for the strategic benefit of thermal comfort and passive air conditioning, is an excellent architectural alternative. In the present research, the effect of the green wall in relation to thermal comfort was evaluated by means of a reduced scale reproduction, with two constructive models of buildings: *steel frame* and ceramic block, both with and without the use of the green wall. Indoor air temperature and relative humidity parameters were monitored through the use of SNOFF TH16 model sensors, and the outdoor temperature data were collected from a meteorological source, made available by the University Center School Farm- FAG. As an evaluation of the collected data, the device was calibrated by the comparison method performed on the sensor, used in previous experiments, which was kept as a reference base. For the experiment, two species of vegetation were used: *Tradescantia zebrina* – purple lambari and *Asparagus densiflorus* – Asparagus, previously cultivated in floriculture, to promote proper shading. The vertical vegetation cover system is composed of a plastic support that houses the rooted plants under substrate, which contains earth with humus, expanded clay and substrate, with a manual irrigation system. In this way, it was possible to evaluate the behavior of each building model against the use of the green wall, monitored for a period of eleven months, and evaluated the four seasons of the year. Data were recorded daily, by the eWeLink application, every two hours, between 6 am and 12 am. The vertical vegetation cover can be used as a passive climate control strategy in buildings, as the temperature difference of 1°C, lower, was obtained in the module with green cover in relation to the module without cover, being the steel frame material, showing a more expressive result.

KEYWORDS: green walls; energy efficiency; thermal comfort; passive air conditioning.

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVO GERAL.....	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CONTEXTO DE QUALIDADE DE VIDA.....	15
2.2. USO DA VEGETAÇÃO COMO COBERTURA.....	17
2.2.1. Cobertura vegetal e sua influência no conforto térmico.....	18
2.3. PROJETO DE ARQUITETURA.....	19
2.3.1. Edificação sustentável.....	20
2.3.2. Conforto ambiental.....	21
2.4. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	22
2.4.1. Análise do ciclo de vida dos materiais de construção.....	23
2.4.2. Bloco cerâmico.....	26
2.4.3. Steel frame.....	28
2.4.4. Normas de desempenho térmico em edificações.....	32
2.5. CLIMATOLOGIA.....	34
2.5.1. Inércia térmica.....	36
2.5.2. Ilhas de calor.....	37
2.6. SUSTENTABILIDADE E CERTIFICAÇÃO <i>LEED</i>	38
2.7. USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	40
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	43
3.2. MONTAGEM DO EXPERIMENTO.....	49
3.2.1. Montagem protótipos de bloco cerâmico.....	50
3.2.2. Montagem protótipos de steel frame.....	50
3.3. JARDIM VERTICAL.....	53
3.3.1. Montagem do jardim vertical.....	55
3.4. SENSORES DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR.....	56
3.5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	58
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
5. CONCLUSÕES.....	78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico em uma edificação deve ser uma questão bastante discutida e analisada, para que se possa neutralizar as rígidas condições do clima, de forma a proporcionar um ambiente de qualidade e bem-estar, a quem o deseja usufruir. O desempenho do corpo humano é considerado superior quando se encontra em um ambiente em que a troca de calor ocorre de forma amena. Já, quando o ambiente apresenta condições desfavoráveis ao corpo e induz sensações de frio ou calor, exige-se que o mesmo faça mais esforços para se manter confortável. Desta forma, o conforto térmico ocupa um lugar de extrema relevância em questões que devem ser levadas em consideração, no planejamento de edifícios (FROTTA, 2001).

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

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

A escolha do tipo de material de construção nas edificações, também pode influenciar no desempenho térmico das mesmas. Os materiais dos painéis de vedação devem dificultar o armazenamento de calor no interior, ter baixa inércia térmica e refletir a radiação solar incidente, da melhor forma possível. De outro modo, o interior do edifício se tornará um receptor de calor e possivelmente à noite,

quando as temperaturas externas caírem, o ambiente interno continuará a trocar calor com as paredes, devido à diferença de temperatura (ESTULANO, 2014).

Climatização passiva, é a maneira de descrever um edifício no qual são consideradas estratégias que usam ganhos de energia solar, para economizar energia de aquecimento, baseando-se na transmissão natural de energia e implementação de elementos de sombreamento e ventilação noturna, com intuito de reduzir o consumo energético, dedicado ao resfriamento, principalmente na estação de verão. Em suma, a climatização passiva, incide em melhorar o clima do ambiente, sem a obtenção de consumo de energia, onde a mesma, é baseada em princípios como otimização da radiação solar incidente, ventilação natural e inércia térmica (PEREIRA, 2013).

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

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa, é analisar a utilização de cobertura vegetal vertical, em dois sistemas construtivos: *steel frame* e bloco cerâmico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver quatro protótipos: dois construídos em sistema *steel frame*, com e sem a utilização de jardim vertical; e outros dois em bloco cerâmico, com e sem a utilização de jardim vertical, coletando dados de temperatura e umidade interna relativa do ar, de cada um dos quatro módulos;
- Analisar e comparar os resultados dos quatro protótipos desenvolvidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão explanados assuntos relevantes a pesquisa, através de textos referenciados, com intuito de elucidar sobre o tema. A influência da vegetação, quanto a qualidade de vida, conforto térmico, e minimização do consumo energético serão ilustrados. Ainda, haverá a contextualização dos materiais de construção utilizados no estudo – *steel frame* e bloco cerâmico convencional –, ditando também sobre seu ciclo de vida. Sobre climatologia, e alguns fenômenos, serão citados, para compreender as possíveis variáveis ocorridas no estudo. E, em relação ao conforto térmico, será apresentado, elencando o assunto com sustentabilidade, certificações ambientais e sua relevância nos projetos de arquitetura.

2.1 A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CONTEXTO DE QUALIDADE DE VIDA

O ser humano sente a necessidade de se aproximar da natureza, pois dela recebe inúmeras vantagens diretas e indiretas. Esta aproximação, entre o homem e a natureza, estimula os sentidos e a apreciação da paisagem possibilita uma série de sensações gratificantes que tornam as pessoas mais produtivas e saudáveis, aliviam o stress e recarregam as energias dos utilizadores (ABBUD, 2010).

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

Em relação a essas paisagens marcantes, o indivíduo retém uma avaliação psicológica, que vai além da estética. A paisagem é vista independentemente dos conceitos estéticos. O vínculo afetivo que surge por fatores psicológicos. Isso acontece especialmente com pessoas que mudaram de uma região para outra: sempre se lembram de imagens da paisagem de sua origem (LIRA FILHO, 2012).

O paisagismo transforma o ambiente, tornando-se um convite para que as pessoas se encontrem e reconectem-se. O ambiente pode estimular as pessoas a permanecerem nele e se tornar um lugar para desenvolver atividades de lazer (ABBUD, 2010).

Desenvolver um projeto paisagístico onde os usuários possam usar seus sentidos para afiar o desenvolvimento ou aprimoramento dos cinco sentidos fisiológicos é um ponto crucial, pois, embora um ambiente verde tenha diversos benefícios ambientais, pode ser utilizado para o bem-estar fisiológico e psicológico. Dessa forma, as próprias plantas, sendo ferramentas essenciais para o paisagismo, transmitem os benefícios para o meio ambiente e para a população, como valores estéticos, econômicos, sociais, culturais, ecológicos e afetivos (PAIVA, 2008).

Os sentidos estão conectados à percepção, e isso é gerado como um processo mental por meio da relação com o mundo e pelas sensações que são transmitidas, através dos cinco sentidos, para o cérebro. As percepções, são como imagens e descrições de pessoas, uma forma de registrar e descrever a paisagem, que se está a observar. A percepção é um critério importante no projeto paisagístico, uma vez que cada paisagem é claramente revelada a cada espectador (LIRA FILHO, 2012).

Sobre o tema do aumento da capacidade através dos sentidos, estudiosos observaram em suas pesquisas, os benefícios dos jardins sensoriais, para quem sofre de demência, reconheceram que as plantas com uma variedade impressionante de cores, aromas e formas, em combinação com outros elementos tradicionais de um jardim, foram capazes de despertar a memória de pessoas com demência e promover a comunicação (BERENTSEN et al., 2007).

Quanto aos benefícios do jardim vertical, os efeitos na saúde mental e estética também estão relacionados no plano social. Os efeitos psicológicos são vistos como subjetivos e variam dependendo da atitude da pessoa, que é exposta a essa característica particular de um jardim. No entanto, estudos mostram que alguns dos efeitos podem ser parcialmente quantificados, mostrando que a falta de contato com a natureza, muitas vezes, aumenta o nível de ansiedade e outros problemas relacionados a transtornos mentais, como depressão. Além de estar associado a ambientes pequenos e impessoais, na escola, o contato com a vegetação diminui o índice de absenteísmo, aumenta a produtividade e contribui para as relações entre quem utiliza o espaço (SHIAH et al., 2011).

Quanto a questão estética, em alguns casos, ao olhar para um edifício, constata-se que a sua estrutura ou os materiais utilizados necessitam de alguns elementos adicionais, para torna-lo mais atraente visualmente. Assim, o conceito de jardim vertical em conexão com um edifício pode ter impacto visual positivo através

da vegetação (SHIAH et al., 2011).

Outro estudo constatou que, juntamente com benefícios psicológicos, a introdução de jardins verticais em ambientes de negócios, motiva os funcionários, aumenta a produtividade, a atenção e o foco, promovendo a lucratividade (ANACLETO, 2018).

Segundo estudos de MOTTA (2013), os jardins podem ser considerados terapêuticos porque o contato com a natureza melhora significativamente a recuperação dos pacientes, pois além de treinar a memória, também diminui a pressão arterial e os sentimentos de ansiedade e depressão. Seu uso é indicado no tratamento cirúrgico, acidentes, deficiências mentais, motoras, sensoriais e traumas psicológicos.

2.2 USO DA VEGETAÇÃO COMO COBERTURA

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

O telhado verde é um processo construtivo que consiste em uma cobertura vegetal disposta com plantas ou grama, que é colocada sobre telhados tradicionais ou lajes. É constituído por camadas de drenagem e impermeabilização, que utiliza vegetação e o solo, especificados no projeto (CORSINI, 2011).

O telhado verde pode ser definido como um método em que diferentes tipos de vegetação crescem em fachadas, telhados ou superfícies. É uma escolha ancestral, onde eram utilizados jardins ou grama ao invés da tradicional telha ou laje. (FERREIRA, 2007).

A cobertura verde é adequada que retém parte da água na forma de encostas, o que permite que a água desça lentamente. Este dispositivo evita erros de drenagem garantindo aumento da umidade por alguns dias (GOUVEIA, 2008).

Telhados verdes como edifícios com cobertura vegetal, reduzem o escoamento nas primeiras três horas, após a chuva, em até 97,5 ou 100%. E depois

de seis horas a redução de 26,6 para 100% na cobertura, é de 70 para 100% (CASTRO, 2008).

A vegetação é uma forma de ser utilizada nas edificações como segunda pele ou vestimenta da edificação, pois é um elemento natural, qualificado para melhorar as propriedades térmicas do local. Outro sinal importante é a relação do usuário com as plantas, que possibilita ao indivíduo um bom desenvolvimento mental e físico (SATTLER, 2004).

A parede verde, refere-se à vegetação que se desenvolve diretamente na parede do edifício ou em uma estrutura separada que pode ser independente, ou fixada à parede (LOH, 2008).

O emprego de vegetação próxima ao edifício mostrou que a carga térmica tem uma influência profunda. As cargas de resfriamento na superfície externa da alvenaria sem vegetação são maiores do que na superfície externa da alvenaria com vegetação, apresentando uma diferença de até 20% (KONTOLEON et al., 2010).

2.2.1 Cobertura vegetal e sua influência no conforto térmico

Estudos desenvolvidos 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. Ainda: ambos os modelos com e sem a parede verde, tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa, na maior parte do período monitorado, ditando assim, de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico (SEIXAS, 2019).

Os resultados do estudo com a parede verde, 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 (MATHEUS et al., 2016).

Ao analisar o comportamento térmico em dois tipos de cobertura verde, na Cidade de São Carlos- SP, o pesquisador observou que temperaturas internas na situação de calor, sofreram uma contribuição significativa da cobertura verde, porque com a incidência do sol, a evapotranspiração do vegetal retira calor da cobertura, resfriando a superfície do teto. O melhor desempenho, no que diz respeito as temperaturas superficiais internas, foi da cobertura verde, principalmente na situação de calor, no qual há uma diferença de até 16°C entre as duas coberturas, tradicional e verde, fato provocado pelo sombreamento, inércia e refrigeração evaporativa, proporcionados pela cobertura verde. Nas temperaturas superficiais externas, a vegetação apresenta temperaturas bem menores que a laje tradicional, justificado pela capacidade da mesma, de reduzir o ganho de calor por irradiância solar de ondas curtas, uma consequência do efeito de refrigeração evaporativa (ANDRADE et al., 2009).

2.3 PROJETO DE ARQUITETURA

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

Para que um edifício seja projetado com bom desempenho térmico e energético, é necessário conhecer as variáveis climáticas, e para isso, existem métodos de cálculo simplificados, que podem ser facilmente tabulados, que consistem em afrontar várias soluções de projeto, de forma a diferenciar o trabalho, do ponto de vista energético (MASCARÓ, 1998).

O projeto de arquitetura tem um peso respeitável, em relação às alternativas naturais ou artificiais de intervenção, visando eficiência e conforto, principalmente na perspectiva de que as principais perturbações são as que surgem desde a fase

inicial do projeto: anteprojeto, com potencial de capitalização de 40-50% e baixo custo inicial (HIRST et al.,1986).

O projeto de arquitetura, deve ser executado no local, para dar suporte ao escoamento e à drenagem, levando em consideração fatores como clima local, edifícios vizinhos e sua influência no projeto, a capacidade de calor local, a direção média do ar, a umidade relativa e a velocidade dos ventos predominantes (NAKAMURA, 2006).

Outra característica da arquitetura, é o interior, o que distingue a arquitetura das outras artes e, principalmente, da escultura. Este espaço interior, apenas inerente à arquitetura, deve ter as qualidades mínimas de habitabilidade, funcionalidade, conforto e estética. O fato de a arquitetura ser pública e imponente, também lhe confere circunscrições e encargos ao nível da sua forma, bem como do seu conteúdo visual e espacial (ZEVI, 1984).

Algumas situações, como economizar energia, não significam conforto reduzido: apenas necessita-se saber como funcionam as variantes. Ressalta-se também, que formar arquitetos e engenheiros com visão para projetar um edifício com o objetivo de economizar e conservar energia, possibilitará uma mudança fundamental na forma como o problema é visto (GOLDEMBERG,1988).

2.3.1 Edificação sustentável

O intuito do homem é buscar no abrigo, principalmente proteção, mas também, prazer. O conforto ambiental oferece melhores condições de vida, com o máximo bem-estar, e procura adaptar inúmeros aspectos perceptíveis. A ventilação, a temperatura e a luz são analisadas como aspectos que alteram as condições de vida, principalmente ao nível do problema físico e da capacidade de produção dos residentes (BESTETTI, 2014).

A casa sustentável é um organismo vivo. Tudo tem que comunicar: o aproveitamento da chuva, do vento, da luz do dia e do ar noturno, levando em consideração os princípios da biomimética, de forma a alcançar a boa qualidade do ambiente interno e externo (HASSID, 2018).

A construção sustentável é um sistema que agride o meio ambiente, adapta a produção, o consumo humano e as necessidades de seu uso sem destruir os recursos naturais, e cuida das futuras gerações. Faz-se necessária a utilização de

ecomateriais, soluções inteligentes e tecnológicas, para promover bom uso e economia dos recursos finitos, o conforto dos seus residentes e a redução da poluição (ARAÚJO, 2015).

Uma casa sustentável pode ser autossuficiente em termos de energia, quando é menos utilizada do que produz, se aproveita a água da chuva, se reaproveita a água, se trata os resíduos sólidos que geram e se dispõe de um sistema climatológico eficaz às condições climáticas e a melhoria da qualidade do ar, respondendo às condicionantes ambientais e garantindo uma melhor qualidade de vida aos seus usuários, em termos de conforto (MEDEIROS, 2012).

As técnicas para conter o aumento de calor são: redução da entrada de luz solar pelas aberturas, redução da absorção de luz solar pelas paredes externas e utilização de isolantes térmicos nas regiões mais afetadas pelo sol, como teto ou parede. Para retirar o excesso de umidade e movimentar o ar, o que aumenta o conforto térmico das pessoas, a movimentação e a regeneração do mesmo, devem ser estimuladas durante o intervalo em que as pessoas o utilizam (CORBELLA et al., 2003).

2.3.2 Conforto ambiental

O conforto humano está intimamente relacionado ao bem-estar. Este conforto dos interiores resulta da disposição dos parâmetros objetivos e das razões particulares do usuário. Os parâmetros podem ser gerais: fluxo interno, organização e dimensões do ambiente, conforto térmico, acústico e visual (MEDEIROS, 2012).

O ser humano tem melhores condições de vida e saúde, no momento em que seu organismo consegue trabalhar sem estresse ou fadiga, mesmo que seja térmico, quando há troca de calor entre o corpo e o ambiente (FROTTA et al., 1999).

Um dos atributos da arquitetura é proporcionar às pessoas, condições térmicas compatíveis com o conforto ambiental das edificações, independentemente das condições climáticas externas (RIBEIRO, 2007).

O conforto térmico é uma visão do ambiente e das edificações, que mostra a satisfação do homem, com o ambiente térmico em que se encontra (SANTOS et al., 2008).

É o mais afetado pelo clima, onde 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, 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).

2.4 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

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

Reduzir os padrões de energia resolve um problema econômico e ambiental, que surge das emissões de carbono das usinas termelétricas. Alguns autores sugerem, que os materiais de construção respondem por quase 15% da energia utilizada na construção civil (THOMAS, 2000).

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

Outros autores apontam para uma redução nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) de quase 30%, devido a uma seleção correta dos materiais de construção (GONZÁLEZ et al., 2006).

Estudos expõem um comparativo de diferentes materiais de construção. A energia usada para transportar materiais de construção implica, inevitavelmente, que a preferência deve ser dada ao uso de materiais locais (ESIN, 2007).

2.4.1 Análise do ciclo de vida dos materiais de construção

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

A indústria de construção, no Brasil, é responsável por 3,7% do Produto Interno Bruto (PIB), onde os edifícios respondem por 36% do consumo de energia primária, e 39% das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Conhecer o consumo de energia relacionado aos materiais e processos construtivos, e as fases do ciclo de vida de um edifício, facilita na seleção de especificações e permite intervenções nos processos construtivos, para conceber um produto com fins eficientes, em termos de consumo de energia e sustentabilidade (NASCIMENTO, 2010).

Uma significativa quantia de energia é consumida nos processos de produção e transporte de materiais de construção, e a diminuição no consumo energético, está conexas a redução da emissão atmosférica e impacto ambiental. Nota-se que estudos pertinentes, ditam a relevância da análise dos dados e do seu envolvimento, em qualquer estimativa durante o ciclo de vida dos edifícios. Infelizmente, há a contribuição para produção de gases de efeito estufa, na fabricação dos materiais de construção, onde se faz necessário, estratégias para reduzir as emissões desses gases, a fim de abrandar o impacto ambiental (NASCIMENTO et al., 2021).

Nos métodos observados na literatura, a avaliação do ciclo de vida é feita em etapas, geralmente considerando todo o processo (sendo ele de extração, produção, transporte, e após essas etapas) avalia-se a demolição e disposição final. Em um segundo momento, considera-se os impactos globais/regionais, com base no consumo de energia, geração de resíduos e outras categorias de impacto. Ainda, enfatiza-se a importância da energia embutida nos materiais e processos de construção, em conexão com a demanda de energia na fase de serviço e manutenção (SCHEUER et al., 2003).

Se observar o uso de edifícios, o consumo de energia é um dos fatores de maior relevância para geração de efeitos. A utilização de estabelecimentos residenciais e de comércio, por si só, é responsável por 70% do consumo global de eletricidade, onde maior parte deste consumo residencial, acontece por meio do ar-condicionado (MORAGA, 2017).

A partir de pesquisas realizadas na Índia, pode-se constatar que o ar-condicionado possui um alto consumo de energia, sobretudo, quando se considera a vida útil do edifício. Serviços hídricos representam 3,3% sobre o total da obra, e a fase de demolição apenas 0,1%. Em síntese, constatou-se que a distribuição do consumo de energia e dos impactos ambientais, se concentrou na fase de uso da edificação e em todas as classificações, com exceção da geração de resíduos, a fase operacional foi responsável por mais de 83% do valor ambiental registrado (VENKATARAMA et al., 2001).

Esse entendimento se relaciona ao fato de que atenção especial deve ser dada ao projeto arquitetônico, onde melhorias nas fachadas, por exemplo, podem diminuir o consumo energético e impactos ambientais. As especificações de materiais menos energéticos e de menor massa térmica, aliados ao uso de correntes de ar naturais, podem trazer grandes vantagens, juntamente com a substituição de fontes de geração de energia, por fontes mais limpas, reduzindo o impacto ambiental (VENKATARAMA et al., 2001).

Os resultados da aplicação de metodologias de avaliação do ciclo de vida mostram que prevaleceu um consumo na fase de serviço. Porém, pode-se demonstrar que os valores de consumo de energia, principalmente em relação à fase de uso da edificação, sofrem influência das zonas climáticas e oscilações térmicas, devido a curva de demanda energética aumentar, com o uso de ar-condicionado. Quanto maior as flutuações térmicas, maior a carga de energia associada à regulação da temperatura ambiente (NASCIMENTO et al., 2021).

Analisando setores da construção, pesquisas mostraram que a produção de cimento é o principal emissor de gases com efeito estufa, apresenta maior consumo de água e ocupação territorial, e maior gerador de resíduos poluidores. Observando todas as indústrias nos setores econômicos do Brasil, dada produção, é a oitava em termos de impactos mencionados (CARREIRA et al., 2015).

O *Light Steel Framing (LSF)*, desenvolvido com estruturas de aço, é um dos sistemas considerado inovador, no Brasil. E, em comparação com sistema tradicional, seu processo construtivo é simplificado, e possui menores taxas de desperdícios, construção mais rápida e maior qualidade (RODRIGUES et al., 2016).

A estrutura modelo das paredes possui perfis construtivos em metal, isolantes térmicos, barreiras hidro repelentes, painéis *Oriented Strand Board (OSB)*, feitos de tiras de madeira reflorestada compiladas 100%, nos dois lados.

Na fachada, o sistema pode ser feito em placa de cimento, *siding* vinílico ou acabamento em *Oriented Strand Board (OSB)*, e as paredes internas são em gesso *drywall* (BRASIL, 2016).

Em contraponto ao *Light Steel Framing (LSF)*, a alvenaria de blocos cerâmicos, é utilizada com mais frequência nas construções no Brasil, onde caracteriza-se pelo uso de técnicas artesanais, além das elevadas perdas de material na construção, que chegam a mais de 80% para cimento, 45% para areia e 91% para argamassa (VASQUES et al., 2014).

Na avaliação com utilização de *Light Steel Frame (LSF)* e alvenaria convencional, como material de uma habitação de interesse social, baseado em energia incorporada na fase pré-operacional e desempenho térmico, levando em consideração a extração de matéria-prima, produção e transporte de material até o canteiro de obras. Foram atribuídas cinco combinações de revestimento interno e isolamento térmico, e revestimento externo de *siding* vinílico e placa cimentícia, em todos os modelos. Obteve-se então, que a massa total da construção em *LSF*, foi aproximadamente 60% menor que a em alvenaria convencional, mas os valores de energia incorporada em alvenaria convencional eram de 30% superiores. No que se refere ao rendimento térmico, apenas a simulação com o revestimento interno em gesso cartonado e isolamento térmico em poliestireno expandido (EPS), apresentaram bons resultados (PALÁCIO, 2013).

Na avaliação comparativa, na fachada de *Light Steel Frame (LSF)* e alvenaria convencional foram considerados para pesquisa a extração de matéria prima, produção e transporte dos materiais. Dados secundários extraídos da literatura foram usados para identificar os valores de energia incorporada e emissões de dióxido de carbono (CO₂). O autor cita a relação direta entre a espessura dos perfis de *Light Steel Framing (LSF)* e os efeitos das emissões de energia incorporada e dióxido de carbono (CO₂), que estão intimamente ligados. O resultado da energia incorporada total atribuída ao *Light Steel Framing (LSF)*, ficou entre 461 e 1527 MJ/m², que variou conforme a utilização de perfis mais finos ou mais espessos. As emissões de dióxido de carbono (CO₂) situaram-se entre 1,0 e 2,4 Kg CO₂/m² nas mesmas condições. Já, para a alvenaria convencional, os valores foram 27MJ/m² e 2,5 Kg CO₂/m² para emissões de energia incorporada e dióxido de carbono (CO₂) (NETO, 2011).

A obtenção dos resultados levantados em diversas bibliografias mostrou que,

de acordo com os indicadores analisados, a alvenaria convencional causa mais poluição e consome mais energia, independentemente da fase do ciclo de vida considerada (RAMOS, 2019).

2.4.2 Bloco cerâmico

O bloco de vedação de cerâmica é a parte essencial da alvenaria. A argila, seu principal componente, é usada desde 4.000 a.C. Por isso, é um dos elementos mais antigos da construção civil e caracteriza-se pela durabilidade e facilidade de fabricação. Esses blocos são um dos componentes básicos de qualquer construção em alvenaria, seja ela de vedação ou estrutural. O processo de fabricação de uma alvenaria de bloco de cerâmico está completo, de acordo com as fases da localização da primeira fila, a altura da alvenaria, a instalação das tubagens hidráulicas e elétricas, a execução do revestimento (VIANA, 2013).

A alvenaria é uma das técnicas de construção que se utiliza na sua execução a pedra, tijolo cerâmico exposto ao sol, assentados com barro, betume e posteriormente (Figura 1), com argamassa de cal, pozolana e cimento (CAVALHEIRO, 2006).

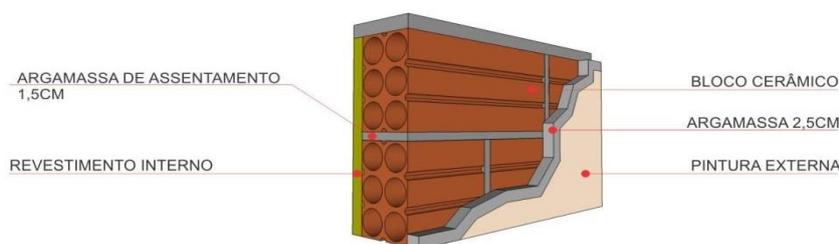


Figura 1. Esquema de construção em bloco cerâmico.
Fonte: CAVALHEIRO, 2006.

Os blocos cerâmicos fazem parte da construção e suas paredes possuem a função de vedação. Estes blocos têm a função de fazer parte de paredes que suportam o seu próprio peso e a carga da ocupação, tais como armários, pias, etc., com seus orifícios na direção horizontal. As vantagens da alvenaria em blocos de tijolo cerâmico: alta durabilidade, baixo custo unitário e facilidade de fabricação, fazem um bom isolante termo acústico, dispensando mão de obra especial para instalação. As desvantagens são o alto peso, a perda de tempo na execução, a alta produção de entulho e desperdício de material, além da dificuldade de instalação de

linhas hidráulicas e elétricas (VIANA, 2013).

Alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação, é aquela que se destina a dividir espaços e preencher vãos em estruturas de aço, inclusive de concreto armado. Não funciona de forma a suportar cargas verticais calculadas sobre a estrutura, devendo apenas servir de suporte para o próprio peso e para as cargas que serão utilizadas no ambiente, em que serão inseridas. Frequentemente, acompanhada por estruturas de concreto e estruturas de aço, visam pegar as cargas verticais calculadas pela edificação, e transferi-las para os componentes da fundação utilizados na edificação, onde as cargas não passam pela alvenaria e evitam a sua quebra (Figura 2) (THOMAZ, 2009).

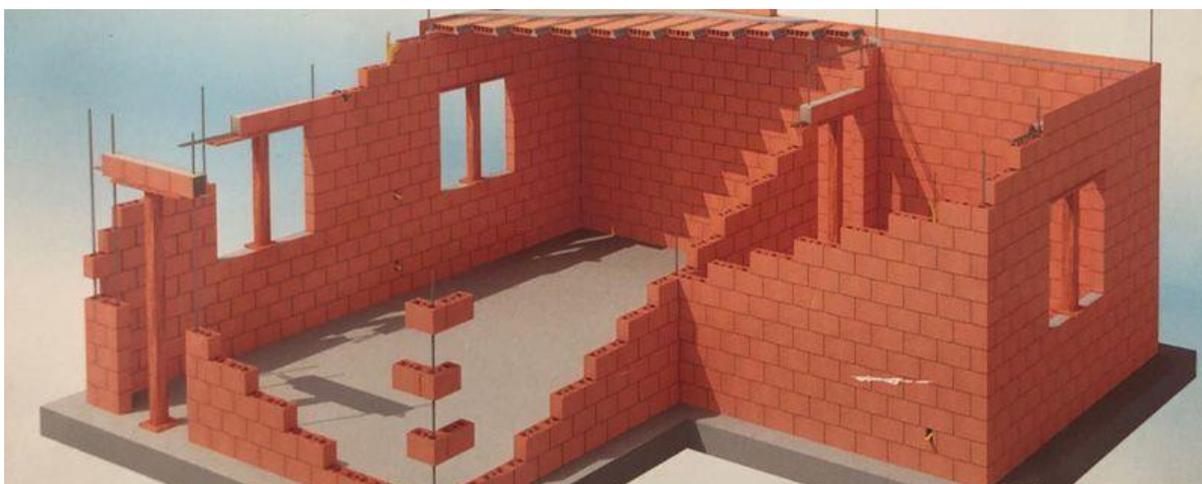


Figura 2. Construção em bloco cerâmico.

Fonte: VIANA, 2013.

O método construtivo traz como benefícios a possibilidade de criar um projeto maior e utilizar aberturas de diferentes dimensões. Embora seja mais caro que a alvenaria estrutural, é possível realizar qualquer tipo de reforma (PIANCA, 1978).

Para obter desempenho térmico, os componentes de vedação horizontais e verticais devem ser avaliados em conjunto. Quanto às propriedades do material, boa resistência térmica, que quanto maior, menor a intensidade da troca de calor com outro ambiente. É o que ocorre em um inverno intenso, onde acontece troca de calor entre ambiente interno e externo, e é a capacidade térmica que determina a quantidade de calor que precisa receber, para alterar a sua temperatura. O que irá influenciar neste feito, é a densidade do material. Assim, na alvenaria convencional os valores de resistência e capacidade térmica, se relacionam com o tijolo cerâmico que será usado, seu acabamento, espessura do reboco, etc. (RORIZ, 2013).

Em se tratando de qualidade acústica de um elemento, o que influenciará serão as características dos materiais utilizados, espessura, execução, onde pode sofrer alteração pela qualidade das interfaces com outros elementos, esquadrias e afins. Ainda, a capacidade de tal elemento em isolar o ruído, é uma grande determinante do desempenho, e conforto acústico (JANKOVITZ, 2004).

Como vantagens, os blocos cerâmicos, possuem bom isolamento térmico e acústico; boa estanqueidade a água; boa resistência ao fogo; durabilidade superior a cem anos, sem proteção e sem manutenção; menores limitações de projeto arquitetônico; aberturas podem ter diversas dimensões; e, possibilidade de receber reformas. Como desvantagens, o mesmo apresenta, por não se utilizar de projeto de alvenaria, os recursos de construção são feitos durante a efetivação dos serviços; precariedade dos materiais empregados e construção; muitos consertos na execução quanto á rasgos para passagem de tubulações hidráulicas e elétricas; necessidade de material adicional para obter textura mais lisa; alta geração de resíduos; fonte não renovável de matéria prima de alguns elementos construtivos (SANTOS, 2013).

2.4.3 Steel frame

Amplamente utilizado nos Estados Unidos, no continente europeu e no Japão, o sistema *Light Steel Frame* (LSF) – estrutura de aço –, é uma boa solução de construção para quem deseja maior racionalização de projeto e produtividade. Como principais características deste método, destacam-se velocidade de execução, redução do desperdício de material, maior facilidade e execução total ou parcialmente a seco. Utiliza em sua estrutura, perfis leves de aço galvanizado, forjado a frio, de espessura variável, que são interconectados para formar uma estrutura autoportante, projetada para suportar cargas de construção (Figura 3), sob as quais são fixadas placas de vedação internas e externas (CASSAR, 2018).

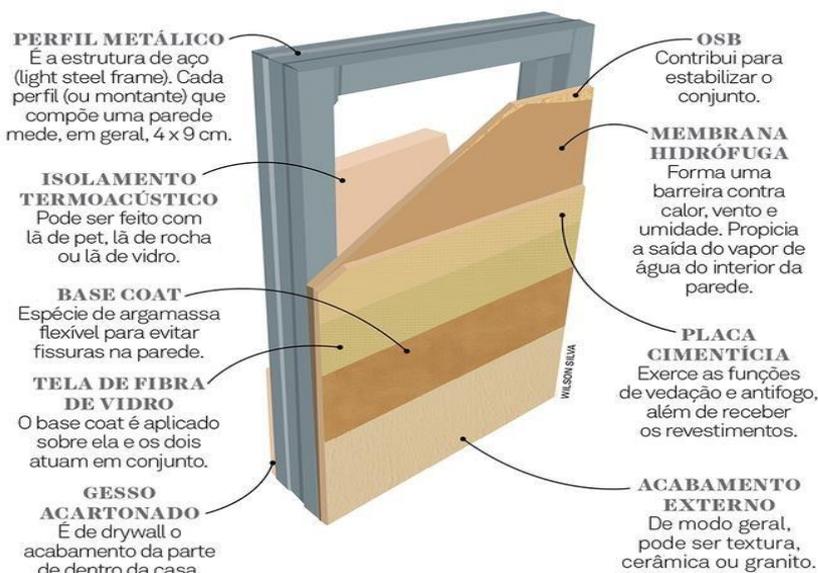


Figura 3. Esquema de elaboração do *steel Frame*.

Fonte: CASSAR, 2018.

O sistema *Light Steel Frame* (LSF), embora ainda seja um processo pouco conhecido, tem se mostrado uma opção para a construção civil, ganhando espaço adicional, à medida que suas propriedades industriais permitem maior cuidado com a qualidade do processo de fabricação, e maior agilidade no manuseio. O sistema *Light Steel Frame* (LSF), também conhecido como *Light Gauge Steel Frame*, é um aprimoramento do sistema *Light Wood Frame* (LWB), um sistema autoportante de construção em madeira conhecido em países como Canadá e Estados Unidos. Esse método, em que painéis mais finos eram selados com madeira, apareceu pela primeira vez em meados do século XIX (SANTIAGO et al., 2012).

O *Light Steel Frame* (LSF), tem como principais características a racionalização e a modulação. Sua estrutura é composta por um grande número de elementos estruturais, projetados para suportar parte da carga total colocada na estrutura, utilizando peças delgadas e painéis mais leves. O sistema difere dos demais na composição de seus sistemas, que funcionam em conjunto. Possui inúmeras vantagens, como: desempenho termoacústico, aço estrutural mais leve e resistente à corrosão, durabilidade, redução de desperdício, controle de desperdício de material, utilização de material totalmente reciclável e refratário (RODRIGUES,

2006).

A espessura das chapas de aço pode variar entre 0,80 e 3,0 mm. As seções mais comumente usadas em edifícios são: o perfil “U” reforçado para postes e vigas; o “U” que atua como guia na base e no topo dos painéis. Os painéis de construção no *Light Steel Frame* (LSF), transferem as cargas às quais são expostos, à fundação. Tais cargas podem ser verticais, causadas pelo peso morto e sobrecarga da estrutura, e horizontais, devido à pressão do vento na edificação (ABNT NBR 15253, 2005).

A fim de garantir à estrutura as propriedades de desempenho e conforto exigidas pelo usuário, um tipo de isolamento deve ser embutido na estrutura do *Light Steel Frame* (LSF). O conforto termoacústico é essencial para o bom funcionamento do edifício e pode ser aplicado com materiais como lã de rocha, lã de vidro e poliestireno expandido (EPS). Também podem ser usados fechos que ajudam a transmitir essas propriedades à estrutura. A escolha do tipo de isolamento depende da necessidade de isolamento térmico e acústico do ambiente. A aplicação da lã de vidro nas vedações externas é feita instalando o material dentro do prédio e dentro da laje, antes de sua finalização. O poliestireno expandido (EPS) é instalado após o fechamento do painel, que serve de suporte para sua fixação (CASTRO, 2005).

O sistema construtivo *Light Steel Frame* (LSF), apresenta características que facilitam a gestão da produção e o controle de qualidade em toda a sua cadeia, tais como: equipamentos industrializados e fabricados dentro de padrões de qualidade, padronização/modulação de medidas, bem como a utilização de mão de obra qualificada e especializada. O sistema de controle de qualidade aplicado a um trabalho executado, é semelhante ao controle de um trabalho tradicional. As estruturas devem ser verificadas durante a sua execução, de acordo com as normas e procedimentos estabelecidos pelo sistema de gestão da qualidade, e os projetos elaborados de acordo com as normas aplicáveis, controle de qualidade e a preservação dos materiais utilizados. A diferença, porém, está no fato de o sistema ser otimizado, o que torna todo o processo de gestão da qualidade muito mais fácil e eficiente (MILAN et al., 2011).

O sistema *Light Steel Frame* (LSF) é geralmente bom em termos de segurança estrutural, pois as paredes com função estrutural compartilham todo o peso dos painéis e demais pisos. Uma casa desse sistema, pode ser conectada a

uma enorme caixa de metal, que oferece excelente estabilidade, incluindo impactos sísmicos. Além de atender à norma ABNT NBR 15575, também segue o Sistema de Avaliação Técnica (SINAT), com base na diretriz nº 003, que estabelece requisitos para desempenho térmico e acústico. Para o efeito, são utilizados vários recursos em edifícios neste sistema, mas essencialmente o conforto térmico e acústico é criado pelo sistema de bloqueio, que, se corretamente concebido, garante sobretudo, a redução dos subsequentes custos energéticos (HASS et al. 2011).

Através do isolamento térmico e acústico que limita a influência do clima externo, é possível manter o controle de qualidade na casa, criando condições para o conforto interno adequado (CASTRO, 2005).

Nesse contexto, a descontinuidade das camadas permite que o método seja insonorizado e a soma das resistências térmicas dos materiais de cada camada, resultando em sua resistência térmica total. Assim, pode-se observar que o alcance do desempenho em edificações em *Light Steel Frame* (LSF), depende principalmente, de um planejamento e execução adequados. A capacidade de isolamento e a inércia térmica de uma parede de vedação de *Light Steel Frame* (LSF) são influenciadas diretamente pelas placas de acabamento utilizadas, bem como pela combinação de elementos utilizados no sistema, como o uso de isolamento interno e aumento do núcleo das quantidades. Como desvantagens, o material, por ser mais leve, configura-se mais viável em projetos de menor porte, como edificações com até cinco andares. Internamente, o acabamento também não pode depender de materiais igualmente leves. A mão de obra especializada ainda não é abundante no país, o que gera maior custo (SANTIAGO, 2008).

Embora o sistema *Light Steel Frame* (LSF) atenda aos requisitos da ABNT NBR 15575, estudos enfatizam que, para isso, são necessárias condições como: a seleção adequada do forro, ventilação, sombreamento e cores da fachada. Ao mesmo tempo, não existem condições especiais para as paredes atingirem o rendimento térmico mínimo das fachadas, de acordo com a norma (FERREIRA, 2015).



Figura 4. Construção em *steel Frame*.
Fonte: SANTIAGO, 2008.

O conforto térmico e acústico é caracterizado por uma gama de estruturas, vedações e revestimentos. As paredes externas devem ter uma transmitância térmica mínima, diferente para cada zona bioclimática do país, e deve haver ventilação necessária, em ambientes de longa permanência (Figura 4). O conforto acústico deve obedecer aos valores limites especificados na norma e ser medido por meio de testes no local. Os materiais usados nos revestimentos podem afetar ambos os aspectos da vedação. Em geral, quando a alvenaria é executada, observando as melhores práticas construtivas e após controle de qualidade, sem o aparecimento de patologias e manutenção adequada, e apresenta bom desempenho (CBIC, 2013).

2.4.4 Normas de desempenho térmico em edificações

O desempenho do edifício pode ser definido como comportamento durante o uso. No caso de edifícios, são exigidas as condições mínimas de habitabilidade, tais como: conforto térmico, conforto acústico, segurança e luminosidade, para viabilizar a utilização (SACHS et al., 2013).

É necessário estabelecer critérios de avaliação e determinação de desempenho. Os critérios de desempenho são especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, que permitem uma determinação objetiva (ABNT, 2013).

Conforme abordadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as principais variáveis, a serem consideradas na definição de conforto térmico são:

taxa metabólica; isolamento da vestimenta; temperatura do ar; temperatura radiante média; umidade do ar e por fim, velocidade do ar (ABNT NBR 16401, 2021).

Com base na norma ISO 624, de 1984, e adaptada à realidade brasileira, são fornecidos critérios de desempenho, como em termos de potência térmica, a norma visa garantir o conforto dos usuários e criar condições adequadas para as atividades de economia de energia e pode ser avaliada de forma simplificada, a partir das propriedades térmicas das fachadas e coberturas, ou por meio de simulação computacional (CBIC, 2013).

A norma de desempenho térmico, dita que a edificação habitacional, deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando a zona bioclimática definida pela ABNT NBR 15220-3, onde as zonas 1 e 2, devem possuir transmitância térmica pré-estabelecida pela norma (ABNT NBR 15575, 2013).

Conforme ABNT NBR 15575-4 e 15575-5, 2013, os casos de avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica devem ser analisados, para que resultem em desempenho térmico, se fazendo necessária a utilização de método da simulação computacional, como procedimento de avaliação simplificada, elencado como normativo (ABNT, 2013).

Decreta ainda, a necessidade de desenvolvimento de um modelo termodinâmico, pra aferir de forma virtual, as temperaturas internas dos ambientes, através da coleta de propriedades físicas e dos materiais, testados no modelo computacional, obtendo como resposta a variação de temperatura interna ao longo do dia quente de verão, e conforme a localização, de um dia frio de inverno. Na estação mais quente, a norma cita que a temperatura mais alta interna, não exceda a temperatura mais alta, externa. E, na estação mais fria, que a temperatura mais baixa interna, seja ao menos três graus maior, da mais baixa externa. Caso os resultados não atinjam o esperado, deve-se investigar e criar novas estratégias, como utilização de cores no envoltório da edificação, tipos de materiais, elementos sombreados, e elementos com bom isolante térmico, para que se cumpra o estabelecido pela norma (ABNT, 2013).

A avaliação das condições de conforto térmico em um edifício existente, pode ser feita por meio da consulta a quem ocupa o espaço, ou, por meio de medições das variáveis ambientais, estimativa das variáveis pessoais e uso de um índice de conforto. Como as condições internas podem variar em função das condições

externas, é preciso citar em quais condições o edifício foi experimentado ao apresentar condições de conforto térmico (LABEEE, 2021).

Para procedimento de avaliação por medição (informativo), é preciso verificar o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575-1, 2013, desenvolvendo medições em edifícios ou protótipos. Ainda, tal norma trata dos sistemas de vedação vertical interno e externo, que, além da volumetria e ambientes internos, integram-se aos elementos construtivos, que receberão influência sob o desempenho da construção. Torna-se desejado, análise conjunta do desempenho dos materiais, através de funções de estanqueidade, água, isolante térmico, capacidade de fixação de peças suspensas e compartimentação em casos de incêndio (ABNT, 2013).

Recomenda-se o emprego do programa *EnergyPlus*, que trata-se de um programa de simulação de comportamento térmico, sob condições dinâmicas de exposição ao clima, onde é possível reproduzir os efeitos de inércia térmica, sendo validado pela ASHRAE Standard 140- *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs* - primeira norma que trata do método padrão de testes para a avaliação de programas computacionais de análise energética de edificações (PEREIRA et al., 2021)

O procedimento de medição é uma ferramenta adicional para avaliar o desempenho térmico da unidade habitacional. Por meio desta, a temperatura de bulbo seco pode ser comparada com os critérios de temperatura, estabelecidas no método de simulação computacional. Para avaliação em protótipos, recomenda-se que eles sejam construídos considerando-se as orientações estabelecidas pela norma, tendo em vista a avaliação em condições térmicas críticas, sem obstrução por elementos externos (SORGATO et al., 2013).

2.5 CLIMATOLOGIA

Os elementos do clima caracterizam-se por seus atributos físicos representados pela atmosfera geográfica de um determinado local, nomeadamente, temperatura, umidade e pressão, que são influenciados pela diversidade geográfica, devido à precipitação, vento, cobertura de nuvens, ondas de calor e frio. A variação espacial e temporal na expressão dos elementos climáticos, é determinada por fatores climáticos, que correspondem a feições geográficas estáticas, como latitude,

altitude, relevo, vegetação, continentalidade ou natureza marítima e atividades humanas (OLIVEIRA et al., 2011).

A radiação é a principal forma de propagação da energia no Sistema Superfície-Atmosfera, pois é por meio dela, que a energia solar chega à Terra, onde corresponde à emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas, viajando à velocidade da luz. O albedo é caracterizado pela capacidade dos corpos de refletir a radiação solar que incide sobre ele, que é máxima com os corpos claros e mínima com os escuros (RODRÍGUEZ et al., 2018).

A latitude do local, bem como a estação do ano, define o ângulo em que os raios do Sol incidem sobre a superfície daquele local, o que significa que a disponibilidade de energia em um determinado local, depende do ângulo em que a energia atravessa o Sistema Superfície-Atmosfera. Quanto mais perpendicular um raio de Sol incidente, menor é a superfície que ele atinge, com uma maior concentração de energia por unidade de área, do que quando inclinado em um ângulo. Como o processo de transferência de energia, da superfície para o ar, é o principal responsável pelo seu aquecimento, a relação de aquecimento do ar, será na mesma proporção da intensidade da energia absorvida na superfície (STEINKE, 2012).

As estações do ano representam quatro subdivisões climáticas no período de um ano: verão (21 de dezembro a 20 de março), outono (21 de março a 20 de junho), inverno (21 de junho a 22 de setembro) e primavera (23 de setembro a 20 de dezembro), não ocorrem de forma simultânea em todo o mundo, já que são determinadas, em cada localidade, pela dinâmica de rotação e translação do planeta (MENDONÇA, 2007).

A temperatura do ar é a medida do calor sensível nele armazenado, medido por termômetros, por meio da qual se trabalha com os valores da temperatura do ar em valores instantâneos, em tempo real, médios, máximos, mínimos ou normais. A mudança na temperatura do ar ao longo do tempo, em um determinado local, se deve a dois aspectos: segue a trajetória aparente diária e anual do Sol, que define a quantidade de energia disponível no sistema superfície-atmosfera, que deve ser usada para seu aquecimento, às interações entre as peculiaridades geográficas locais e a dinâmica dos sistemas atmosféricos. E, resulta das flutuações anuais de temperatura, que são expressas pelas tendências dos parâmetros e oscilações térmicas (AMORIM, 2010).

A umidade relativa representa a presença de vapor no ar. Termo higrômetros e psicrômetros são usados para medição. Expressa uma relação de proporção relativa, entre o valor presente no ar e seu ponto de saturação. Mostra em porcentagem, quanto vapor existe no ar, em relação à quantidade máxima possível de vapor que poderia ser contido, abaixo da temperatura em que ocorre. A umidade relativa é inversamente proporcional ao ponto de saturação do vapor; como resultado, também é inversamente proporcional à temperatura do ar, pois controla o teor máximo de umidade de um volume de ar. Assim, o aumento da temperatura do ar leva à diminuição da umidade relativa (COSTA, 2003).

A precipitação das chuvas permite a caracterização de diferentes tipos de climas. A proporção de precipitação remanescente no solo é determinada pela evaporação, que é controlada pela temperatura do ar, que é diretamente dependente da quantidade de energia. Um sistema de classificação do clima, deve levar esses elementos em consideração ao mesmo tempo, ou pelo menos a temperatura e a precipitação, bem como a distribuição ao longo do ano (LONGO et al., 2006).

2.5.1 Inércia térmica

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, 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, onde a temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a inércia 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 (FROTTA et al., 2009).

A inércia térmica influi sobre o comportamento do edifício, tanto de inverno, ao determinar a capacidade de utilização dos ganhos solares, como de verão, ao influenciar a capacidade de o edifício absorver os picos de temperatura. Trata-se da sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor. Acontece devido à sua capacidade de acumular calor, nos elementos construtivos. A velocidade de

absorção e a quantidade de calor absorvida determina a inércia térmica de um edifício (SOUZA et al., 2011).

Contando com uma inércia térmica adequada e com elementos com uma adequada isolamento, pode-se assegurar conforto interior, durante as horas de maior temperatura e radiação solar no exterior e, dessa forma, controlar o excesso de calor. Já a transmitância térmica é uma grandeza que determina o fluxo de calor de uma superfície mais quente para uma superfície mais fria de um sistema estrutural, por metro quadrado, medindo a diferença de temperatura, entre as faces. Sistemas com baixo grau de transmissão possuem maior isolamento térmico e vice-versa (ANDRADE, 1997).

2.5.2 Ilhas de calor

Ilhas de calor são caracterizadas por um fenômeno que ocorre devido a elevação da temperatura de uma área urbana, em comparação a uma zona rural. São formadas devido aos materiais de construção, impermeáveis e estanques, absorverem ou reterem mais calor do Sol, do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. As principais razões para tal são que os materiais de construção, por serem impermeáveis, não possuem umidade suficiente para dissipar o calor do Sol, e que a combinação de materiais escuros, absorvem e armazenam mais energia solar. As ilhas de calor são mais quentes após o pôr do sol, quando comparadas às áreas rurais, e mais frescas, após o amanhecer. As diferenças de temperaturas do ar e na superfície aumentam quando o dia está calmo e claro (GARTLAND, 2010).

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 vegetação contribui significativamente para mitigar os efeitos da

urbanização. A fotossíntese, em seu processo, ajuda a umidificar o ar com o vapor d'água liberado e a baixar a temperatura. Além de absorver energia durante esse processo, a vegetação também favorece a manutenção do ciclo do oxigênio/dióxido de carbono, essencial para a renovação do ar. Em geral, a vegetação tende a estabilizar os efeitos do clima em seu entorno imediato e a reduzir os extremos ambientais (ROMERO, 2000).

Em termos de benefícios ecológicos, variam em função da localização, da escolha das plantas e da estrutura de suporte, bem como do impacto ambiental que um jardim vertical pode propiciar. Como benefício traz a redução do efeito ilha de calor urbana - O termo “ilha de calor urbana” (ICU), é usado para definir a alta temperatura da área urbana, em comparação com a área rural adjacente. Dentre os vários motivos responsáveis por esse efeito, o principal é o desenvolvimento urbano excessivo (BURHAN et al., 2013).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados pelo efeito ilha de calor, pois 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 é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

2.6 SUSTENTABILIDADE E CERTIFICAÇÃO *LEED*

Estima-se que o conceito de sustentabilidade se originou no século XX, em reuniões organizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU), com a consciência dos limites do crescimento que colocaria em colapso o modelo, até então praticado pela sociedade. Porém, tal tema possui verdadeira origem a mais de 400 anos, onde sustentabilidade, em termos ecológicos, significa tudo o que a

Terra propicia, para que o ecossistema não enfraqueça e acabe. Assim, é necessário que se desenvolvam procedimentos, para permitir que a Terra e seus biomas se mantenham resguardados, e, que de tal modo, possam subsistir ao longo do tempo. Não é possível realizar, sabendo da finitude da realidade e os efeitos da entropia, que obtém o lento e irrefreável desgaste de energia. Porém, é possível esforçar-se para que, sobre pleito de proteger a natureza, agir em sinergia com seus ritmos, restaurando sua vitalidade, propondo descanso e devolvendo além do que ela nos proporciona, para que haja a possibilidade, de as próximas gerações, obterem reservas naturais e culturais para sobreviverem com qualidade (BOFF, 2012).

De acordo com a Agenda 21, documento que identifica as relações entre o homem e o meio ambiente, é importante que, por meio de metas e ações, que os países em desenvolvimento devem seguir como compromissos. Este documento foi preparado durante a reunião Rio 92 da Organização das Nações Unidas (ONU). Dentro desses objetivos, há aqueles que se referem à construção civil, que fala do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos e promove a promoção de materiais sustentáveis (IPEA, 2012).

O sistema mais popular de classificação para edifícios ecológicos é o LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design* - Liderança em Energia e Design Ambiental. Trata-se de uma certificação, através da avaliação da sustentabilidade de um edifício, e seu processo, permitindo-se mensurar o quanto o mesmo é sustentável e em que áreas o seu desempenho é suficiente, havendo possibilidade de melhorias para aumentar tal nível (SHAD, 2017).

Os dados destinados à avaliação energética de uma edificação, a partir de seu princípio, até sua vida útil, promovem bons resultados econômicos, se houver planejamento em todo processo, através de regulação energética por meio da definição de níveis mínimos de eficiência e certificação, atribuindo assim, eficiência de energia (CASALS, 2006).

Em geral, os métodos que avaliam os edifícios para obter informações de projeto, são a localização, fachada, orientação e configuração, energia, materiais, ventilação, iluminação, qualidade interna do ambiente etc. Em seguida, acontece o processo de computação dos dados para que a construção possa receber a certificação (PRIZIBELA, 2011).

Edifícios que propõem a certificação ambiental de edificações *Leadership in*

Energy and Environmental (LEED), na América Latina, ditam diferenças significativas na gestão de projetos em relação ao escopo tradicional, na habitação no Brasil. A metodologia foi considerada complexa, melhorando assim, o valor de mercado e da qualidade da empresa, através de uma melhor eficiência energética, com diminuição de até 60%, economia de até 80% na eficiência hídrica nos sistemas instalados, e para a geração de resíduos sólidos, 70%, além de reduzir perdas de material e equipamento, redução de custos operacionais, melhoria do clima interno, e qualidade de vida dos usuários, no período de ocupação do ambiente (PELLIZZETI, 2017 *apud* BERTOLINI, 2020).

Um estudo desenvolvido no início da fase de acompanhamento pós-ocupação, em um estabelecimento comercial no Brasil, com certificação LEED, nível ouro, versão 2.2, na análise dos aspectos de consumo de água e energia, e comprometimento dos usuários em adotar práticas sustentáveis, indicam que o consumo medido é superior ao previsto no projeto, mas tende a diminuir com o tempo. Certas questões obtidas na concepção do projeto, não se mostram efetivas após sua ocupação, mas parte dos usuários pesquisados, se mostram satisfeitos quanto ao conforto térmico, salientando, maior qualidade de trabalho (KERN, 2016).

2.7 USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é praticamente indiscutível. A matriz energética mundial é composta, sobretudo, por fontes não renováveis. Cerca de 31,5% são de petróleo e derivados; 26,9% carvão mineral; 9,3% biomassa; 4,9% nuclear; 2,5% hidráulica e 2,0% outros. Já as fontes renováveis (solar, eólica, geotérmica) representam somente 2% da matriz energética do mundo. Em se tratando de Brasil, a matriz energética é mais renovável do que a mundial. As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa. O consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo, para o ano de 2018, foi de: Brasil 45% fontes renováveis e 55% fontes não renováveis; enquanto no mundo, foi de 14% fontes renováveis e 86% fontes não renováveis; o que se pode dizer é que o Brasil é menos poluente em relação aos outros países (BEN, 2020).

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 expectativa de que ocorra aumento na utilização de energia renovável no mundo, baseia-se na diversificação de fontes de suprimento e fornecimento garantido por longo prazo de duração; redução de emissões que afetam o meio ambiente a nível local, regional e global; descentralização na geração de empregos, incentivando a permanência da população na zona rural e evitando a migração para os grandes centros, especialmente na América Latina; e, a segurança no deslocamento dos suprimentos energéticos, através de sistemas transnacionais compartilhados (ALTOÉ et al., 2017).

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2009), qualquer atividade em uma sociedade moderna, só é possível com o uso de uma ou mais formas de energia. A energia é empregada na sociedade em geral e em tudo o que se faz. A racionalização do seu uso possibilita melhor qualidade de vida, gerando crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma política de ação referente à eficiência energética tem como meta, o emprego de técnicas e práticas capazes de promover os usos “inteligentes” da energia reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

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

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

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

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

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h, 20h, 22h e 24h e

agrupados quadrimestralmente, englobando as quatro estações do ano para que pudesse posteriormente tabular os dados e desenvolver análise quantitativa com auxílio dos cálculos, para aferição da sua consistência estatística.

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

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O local destinado à execução dos protótipos da pesquisa é no Centro Universitário FAG, situado na Av. Das Torres, número 500, na cidade de Cascavel-PR, Figuras 5 e 6 aos fundos das Clínicas FAG.

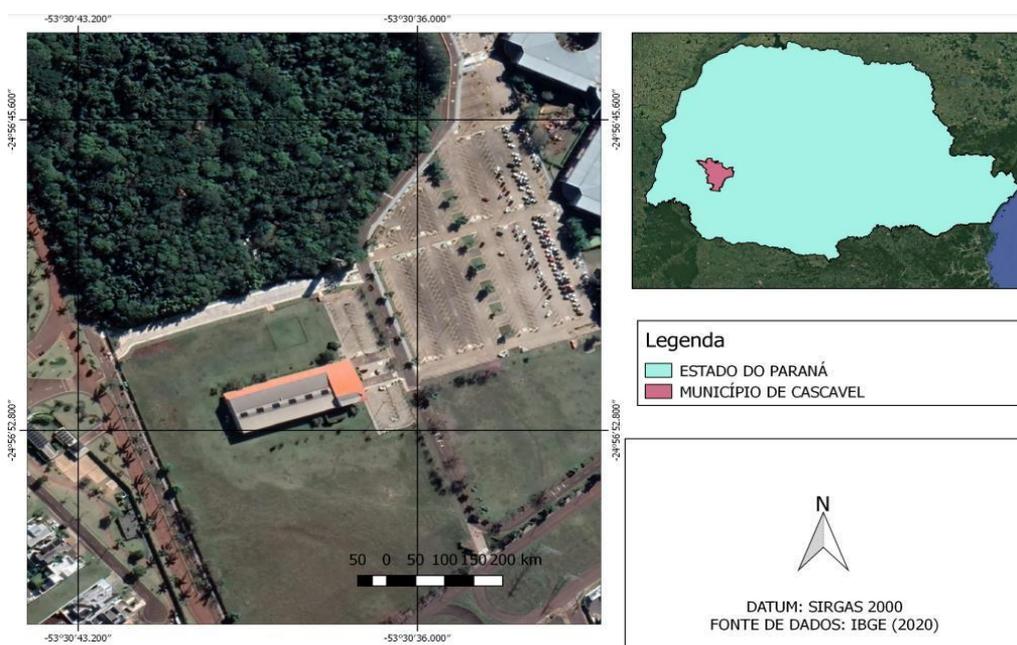


Figura 5. Localização terreno de implantação FAG, Cascavel-PR.
Fonte: GOOGLE MAPS, editado pela Autora, 2021.



Figura 6. Imagens do local – FAG, Cascavel-PR.

Cascavel está localizada no oeste do Paraná, entre as latitudes 24°32' e 25°17' Sul e longitudes 53°05' e 53°50' oeste. É considerada, de acordo com o portal do município de Cascavel, um polo econômico da região e uma das maiores cidades do estado, apresentando 2.091,401 km² de área territorial, e uma estimativa de 328454 pessoas residentes no município, em 2019 (IBGE, 2020).

Sua posição geográfica, tendo o oeste do Paraná sob influência do clima subtropical, pois compreende ao sul do Trópico de capricórnio, apresentando chuvas ao longo do ano, ausência de períodos secos, temperaturas elevadas no verão, e mínimas severas no inverno caracterizando a região como zona de transição do clima tropical para o temperado (IAPAR,1994).

A cidade encontra-se a 711 metros de altitude. Possui pluviosidade significativa ao longo do ano de cerca de 1841 mm. A temperatura média é de 20.0 °C (CLIMATE-DATA.ORG, 2021).

O mês de agosto caracteriza-se como o mês mais seco, com 99 mm. Em outubro ocorre maior precipitação, com uma média de 202 mm. O mês mais quente do ano é janeiro com temperatura média de 23.3 °C. E, o mês mais frio é julho, em que a temperatura média é de 15.4 °C. Durante o ano as temperaturas médias variam 7.8°C, conforme pode ser observado na Figura 07 (CLIMATE-DATA.ORG, 2021).

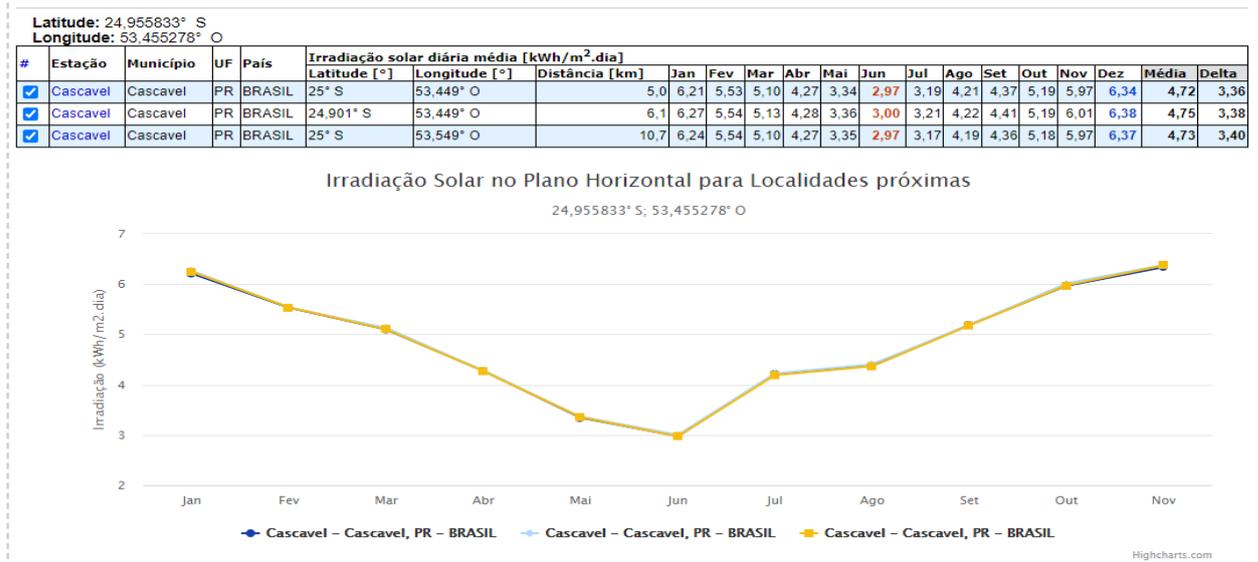


Figura 7. Dados irradiação Solar Cascavel-PR.

Fonte: CRESESB –Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito/CEPEL- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, 2021.

Priorizou-se a utilização de fachada oeste, com maior incidência solar, visto que não há anteparos que barrem a radiação direta para todos os protótipos. Assim, para que não existisse sombreamento, os módulos 1 e 2 estão recuados 1000mm, conforme pode ser analisado nas Figuras 10 e 16. Quanto aos ventos predominantes, são provenientes da região leste e nordeste (SIMEPAR, 2020).



Figura 8. vista dos protótipos mostrando recuo para evitar sombreamento.

É possível observar nas Figuras 9 e 10, a trajetória solar, orientação do Norte, e os ventos que predominam na localização estudada, e que possivelmente interferem nos resultados a serem apresentados nos protótipos.

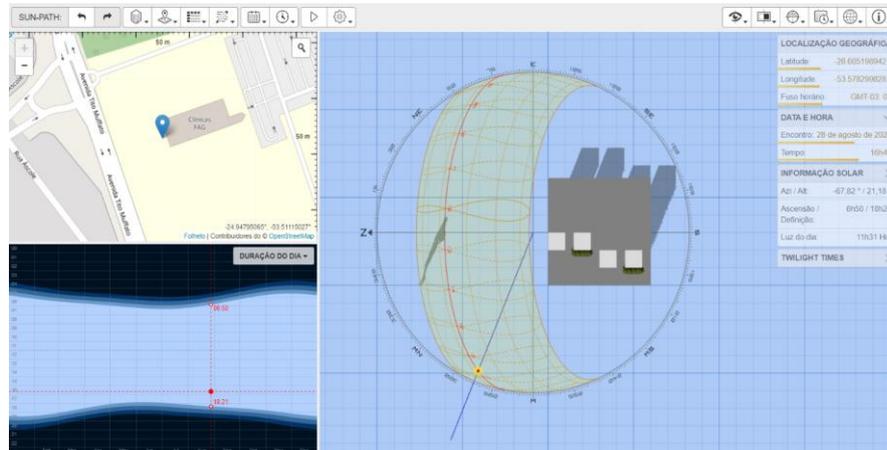


Figura 9. Orientação solar -FAG, Cascavel-PR.
Fonte: SUN-PATH, 2021.

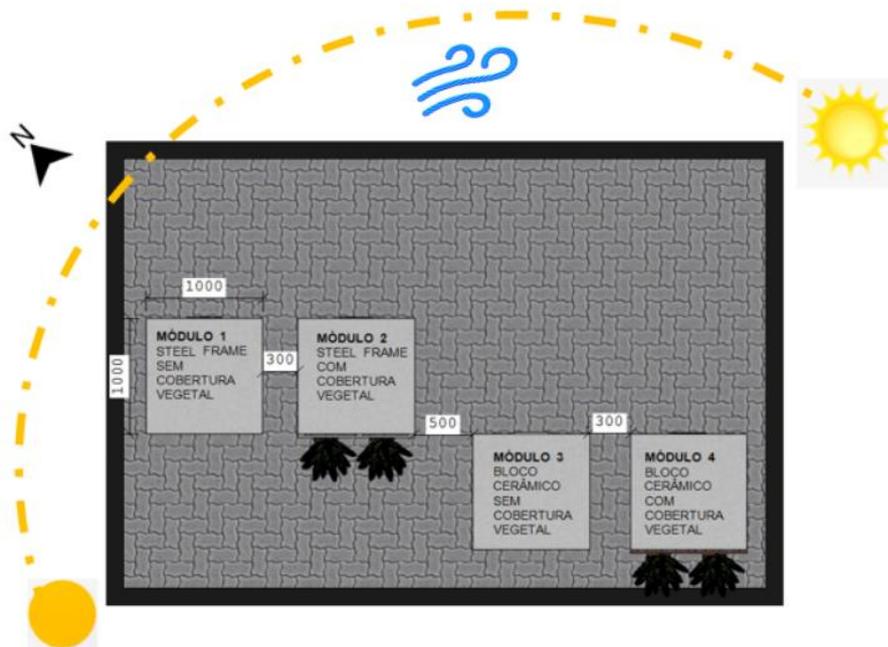


Figura 10. Vista superior dos protótipos com trajetória solar e ventos predominantes.

Nas Figuras 11 a 17, é possível verificar as dimensões externas de cada protótipo sendo: um metro de largura por um metro de comprimento, por dois metros de altura (1000mm x 1000mm x 2000mm), as paredes possuem 120mm

de espessura, em ambos os módulos, computando um volume interno de 1,09m³. É possível observar a posição de instalação dos medidores de temperatura e umidade dispostos internamente em cada protótipo.

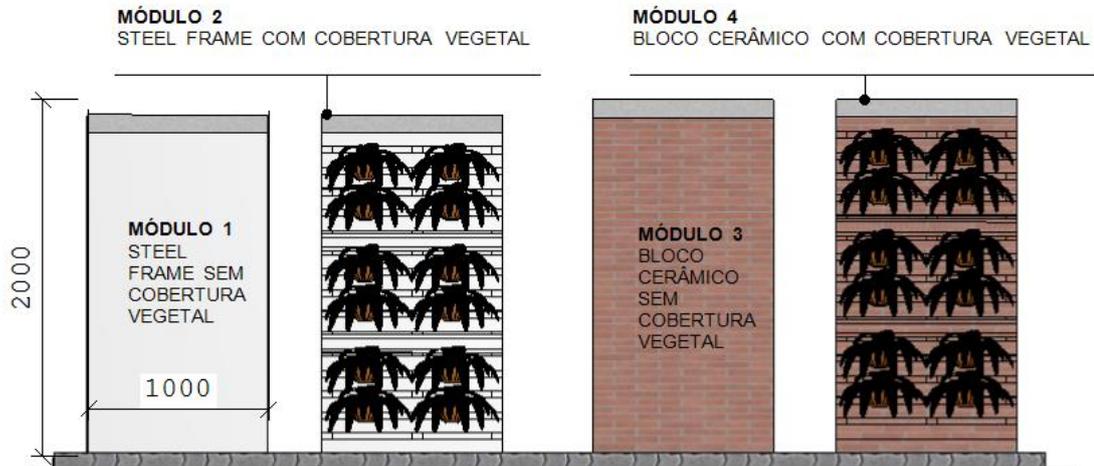


Figura 11. Vista frontal dos protótipos.

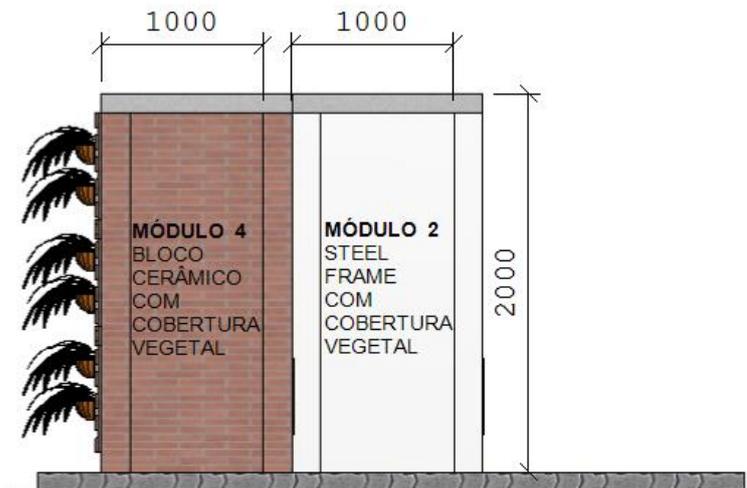


Figura 12. Vista lateral direita dos protótipos.

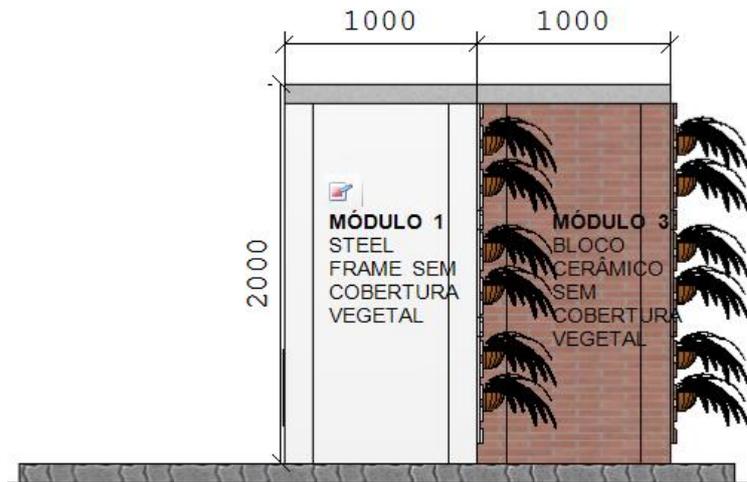


Figura 13. Vista lateral esquerda dos protótipos.

APARELHO DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR INTERNO

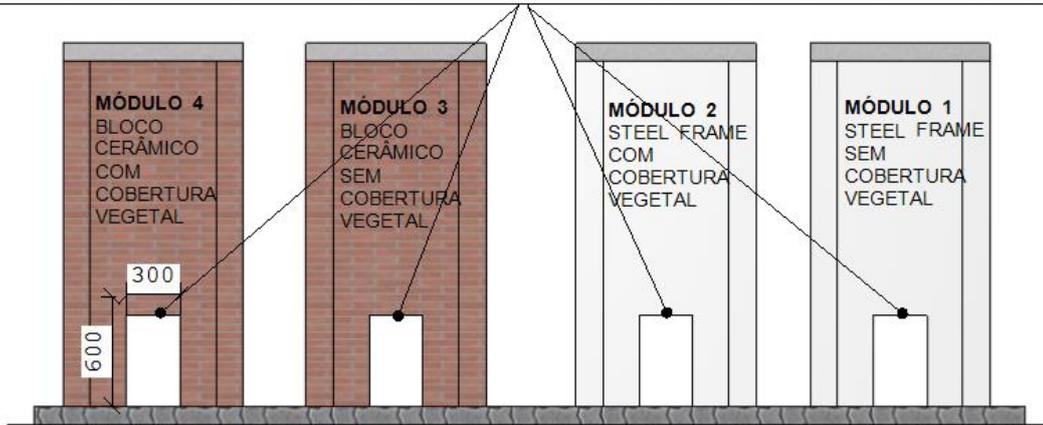


Figura 14. Vista posterior interna dos protótipos.

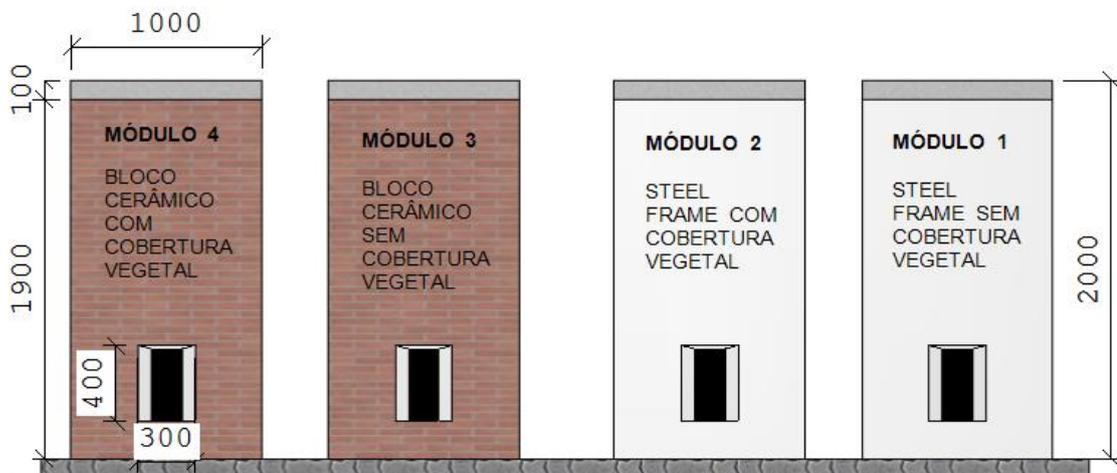


Figura 15. Vista posterior externa dos protótipos.

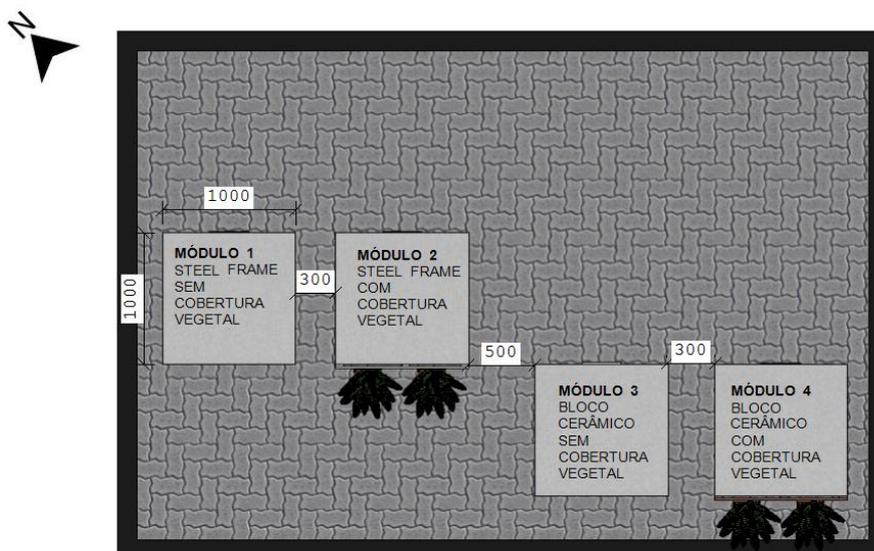


Figura 16. Vista superior dos protótipos.

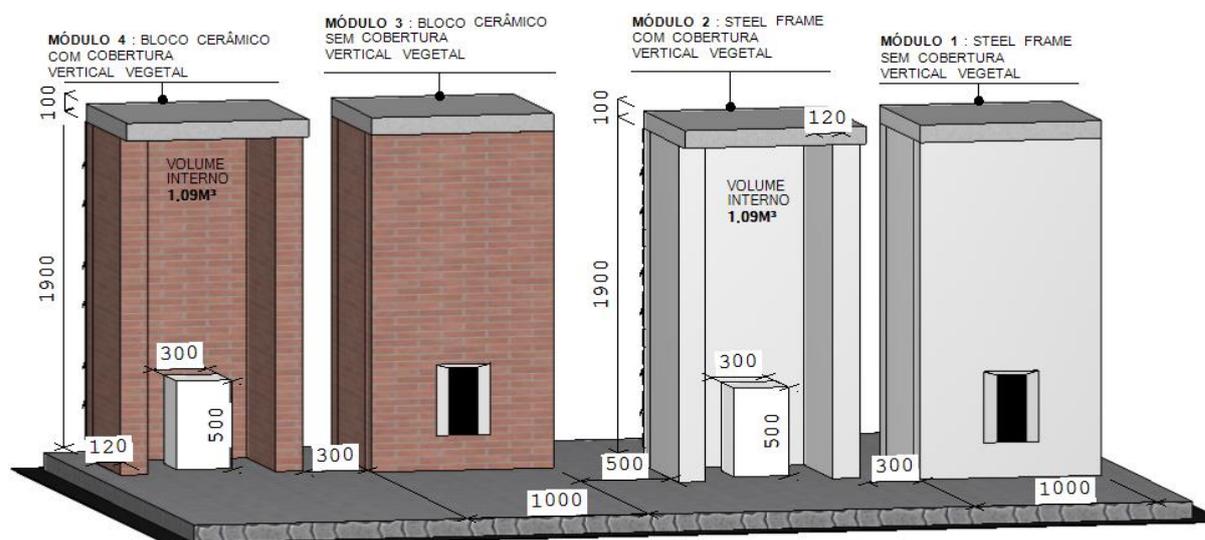


Figura 17. Vista posterior interna dos protótipos 2 e 4.

3.2 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

A execução dos protótipos teve início em vinte de dezembro de 2020 com a construção dos módulos em alvenaria de bloco cerâmico (Módulos titulados como números 3 e 4 – Tratamentos C e D). Em janeiro de 2021 foram desenvolvidos os módulos em sistema *steel frame* (nomeados como 1 e 2 – Tratamentos A e B). Em vinte e sete de fevereiro de 2021 os dois jardins verticais foram instalados, um em

cada módulo a ser analisado (módulos 2 e 4 – Tratamentos B e D). As medições referentes ao teste do medidor de temperatura e umidade, em fase experimental e para tempo de adequação das plantas no espaço, foram iniciadas no dia cinco de março de 2020. O monitoramento oficial de temperatura e umidade relativa do ar interno, dos quatro protótipos, iniciou no dia dezanove de abril de 2021.

3.2.1 Montagem protótipos de bloco cerâmico

O método construtivo dos protótipos com sistema convencional de bloco cerâmico, foram desenvolvidos sobre piso *paver*, já existente, e utilizou-se tijolos de seis furos, dispostos horizontalmente com argamassa - cimento, cal e areia, com reboco externo nas quatro paredes de fechamento, laje cimentícia para cobertura e na fachada posterior uma abertura em chapa de *Medium Density Fiberboard* – painel de fibras de madeira de média densidade (MDF), no tamanho de 300 mm por 400 mm, para acessar o aparelho de medição, no interior do módulo, que está centralizado a uma altura de 500 mm do chão. Foi desenvolvido acabamento externo com tinta acrílica na cor branca (Figuras 18 e 19).



Figuras 18 e 19. Execução dos protótipos de bloco cerâmico.

3.2.2 Montagem protótipos de *steel frame*

O método construtivo dos protótipos com sistema *Steel frame* foram desenvolvidos em piso *paver* já existente, iniciados pela colocação dos perfis de aço

(medida de 1000 mm x 1000 mm x 2000 mm). Logo depois, as placas de OSB – *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientada) com membrana anti fungo, para fechamento interno e externo, preenchidas com lã de vidro. Em seguida, colocado a placa cimentícia, com aplicação de tela de fibra de vidro e argamassa flexível. A fachada posterior possui uma abertura em chapa de *Medium Density Fiberboard* – painel de fibras de madeira de média densidade (MDF), no tamanho de 300 mm por 400 mm, para acessar o aparelho de medição no interior do módulo, que está centralizado a uma altura de 500mm do chão. Foi desenvolvido cobertura com laje de concreto e acabamento externo com tinta acrílica na cor branca (Figuras 20 e 21).



Figuras 20 e 21. Execução dos protótipos de *steel frame*.

Após finalização dos quatro protótipos, foi passado impermeabilizante e tinta na cor branca, Figura 22, pois conforme estudos, sobre a avaliação da redução térmica em telha de aço galvanizado com e sem a aplicação de tinta, observou-se, através da aplicação da cor branca, uma redução térmica de 3°C, comparado ao protótipo sem aplicação de tinta (COSTA et al., 2013).

Resultados semelhantes foram encontrados, com a diminuição de 7°C em ambiente com aplicação de tinta branca, comparado com aplicação de tinta preta, neste mesmo ambiente (BANSAL, 1992).

Segundo estudos, onde são analisadas as contribuições de telhado verde e telhado frio para redução de temperatura ambiente, no Oeste do Paraná, dita que o equilíbrio térmico nos telhados com vegetação, diferem dos telhados convencionais, devido a evapotranspiração ser a maior responsável por não permitir o aumento de

calor no ambiente. O telhado frio, pintado com tinta reflexiva de cor branca, também apresentou redução nos ganhos de calor, diferente do telhado de fibrocimento que se mostrou desfavorável ao desempenho térmico de qualidade (TONIETTO, 2021).



Figura 22. Pintura dos protótipos na cor branca.

Nas Figuras 23, 24 e 25 são apresentadas imagens dos quatro protótipos já executados podendo observar a radiação solar direta, orientação oeste, na maior parte do dia, e em seu período mais quente, com o intuito de receber grandes quantidades de sol para que se possa avaliar, a eficiência da utilização de cobertura vegetal vertical, como estratégia de diminuição de temperatura interna dos protótipos.



Figuras 23, 24 e 25. Protótipos executados exemplificando a orientação solar.

3.3 JARDIM VERTICAL

A instalação do jardim vertical foi na fachada oeste, em módulo construído em alvenaria convencional de bloco cerâmico e outro em módulo construído em *steel frame*, com dimensão de 1000 mm de largura por 2000 mm de altura.

Foram utilizados doze vasos estilo jardineira de parede (Figuras 26 e 27), para cada módulo, totalizando vinte e quatro unidades de formato retangular com dimensão de 500 mm de comprimento, por 300 mm de altura, por 199 mm de largura e altura frontal de 113 mm, de material polipropileno. A instalação foi feita diretamente na parede com três furos. As peças se encaixam umas nas outras e formam um modulo único permitindo a impermeabilização da parede. O fundo dos módulos possui drenagem, permitindo que o excesso de água escorra.

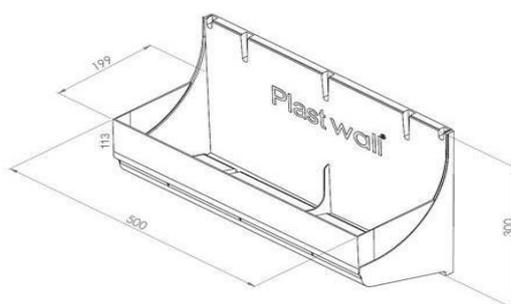


Figura 26. Vaso jardineira de parede.
Fonte: VETOR GARDEN,2021.



Figura 27. Execução do jardim vertical -vasos.

Os materiais de paisagismo utilizados no plantio do jardim, foram: Substrato de plantio (oito kg), argila expandida (quatro kg), terra com húmus, para preencher

os vasos, e para finalizar as duas espécies de planta: Aspargo pendente e lambari roxo, Figuras 28, 29 e 30, onde foram colocadas doze mudas de cada divididas ao meio, para melhor aproveitamento da planta. Optou-se pelo método de irrigação manual por ser de baixo custo, e para um melhor controle de crescimento das espécies. A rega inicial (Figura 31), nos primeiros trinta dias, ocorreu duas vezes ao dia. Após esta data, foram regadas uma vez ao dia, por mais quinze dias e então a partir dos quarenta e cinco dias plantadas, e já enraizadas, a rega aconteceu com turno de rega de dois dias, para manter a umidade do substrato, com limpeza mensal, para o bom desenvolvimento das espécies.



Figuras 28, 29 e 30. Execução do Jardim vertical – colocação de argila expandida, terra e planta.



Figura 31. Rega manual.

3.3.1 Montagem do jardim vertical

Nas Figuras 32 a 37, é possível verificar o processo de desenvolvimento do jardim vertical, após instalação dos vasos, onde foram inseridos em cada um, argila expandida, terra, as espécies – Lambari roxo e aspargo pendente – de maneira a formar um semicírculo espelhado em ambos os protótipos, em seguida foi completado com mais terra para assentar as raízes das plantas.

A escolha por duas espécies ocorreu por possuírem características diferentes, onde o lambari roxo – *Tradescantia zebrina* – é uma espécie de sol pleno, e o aspargo – *Asparagus densiflorus* – resiste a baixas temperaturas, conseguindo equilibrar as variáveis do tempo, e manter o jardim com plantas.



Figuras 32 e 33. Módulos 2 e 4 - Jardim vertical no dia de instalação.



Figuras 34 e 35. Módulos 2 e 4 - Jardim vertical trinta dias após instalação.



Figuras 36 e 37. Módulos 2 e 4 - Jardim vertical sessenta dias após instalação.

3.4 SENSORES DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR

Em cada um dos quatro protótipos construídos, para a coleta de dados de temperatura e umidade interna do ar, foram instalados sensores de coleta de temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%RH), do modelo SONOFF TH16, conforme Figura 38, interruptor inteligente, que monitora e define a temperatura e umidade através do aplicativo 'eWeLink', vinculado ao sensor de temperatura e umidade - Si7021 compartilhados em dispositivo doméstico (Figura 41), celular *iphone*. Tais dados são salvos de maneira manual, diariamente, a cada duas horas, nos horários pré-estabelecidos (6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h, 20h, 22h e 24h), durante as quatro estações (outono, inverno, primavera e verão). Os dados foram computados em planilha no *software Excel*, (conforme anexos) para posterior análise e apresentação dos resultados. Para estabelecer comparações entre temperatura interna e externa, foram utilizados dados de temperatura externa, fornecidos pela estação meteorológica do Centro Universitário FAG (CEDETEC, 2021) coletados diariamente, com média mensal.

Os interruptores SONOFF TH16 são aparelhos que possuem entrada para conectar sensor de temperatura/umidade e aceitam tensão entre 100 - 240v AC, corrente de até 15A, possuem um *WI-FI* integrado de 2.4GHz, com aplicativo próprio. Possui compatibilidade com o *Amazon Alexa*, o *Google Assistant* e *Google Nest*. Dessa forma, é possível programar os horários em que o dispositivo liga e desliga com a mudança de temperatura podendo ser adicionados posteriormente mais dispositivos.

Os materiais para instalação são: *SONOFF TH16*; Fios Paralelo; Ferramentas; Aparelho Android ou IOS. Para instalar o *SONOFF TH16*, existe uma entrada para conectar à rede elétrica indicada no aparelho L -Fase Input, N-Neutro e T-Terra. Logo em seguida, as saídas para o dispositivo L-Fase Output, N-Neutro e T-Terra. Na lateral esquerda existe uma entrada P2, para conectar o sensor de temperatura e umidade.

O sensor de temperatura e umidade digital, conectado foi o Si7021 (Figura 38), que funciona com o *SONOFF TH16* e Tomada S22. Tem como descrição, sensor de umidade e temperatura com saída de sinal digital calibrado. Adota o módulo digital com aquisição e tecnologia de detecção de temperatura e umidade, para garantir alta confiabilidade e estabilidade a longo prazo. O sensor inclui um chip integrado de alto-desempenho 8 -bit MCU. Suas características técnicas são: Faixa de temperatura de medição: $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$; Umidade com faixa de medição: $0 \sim 100\%$ RH; Temperatura de armazenamento: $-65^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$; Tensão de funcionamento: $2.2 \sim 3.6\text{ V}$ para *SONOFF TH16*; Peso: 26g; e Comprimento: 0.5 m; não é à prova água; Apoio App-Livre IOS e Android aplicativo móvel *eWelink*; Status do dispositivo em tempo real fornecido ao aplicativo (SONOFF. TH16, 2021).

As necessidades básicas para o funcionamento são: instalar o *SONOFF TH16* numa área com conexão de rede *WI-FI*; ligações elétricas do aparelho por um profissional qualificado; aplicativo instalado no celular/Tablet; configurações de pareamento.

Os sensores foram instalados a uma altura de 500 mm do chão, no ambiente interno de cada módulo de experimento (Figuras 39 e 40).



Figura 38. Medidor de temperatura e umidade
Fonte: SONOFF. TH16,2021.



Figuras 39 e 40. Medidor SONOFF já instalado.

3.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A coleta de dados teve início em dezenove de abril de 2021 e término dia vinte de março de 2022, com intuito de se analisar por um período de onze meses, para obter referências de temperatura e umidade interna dos ambientes, com ausência e com presença de cobertura vegetal vertical, e ainda, sobre a diferença de materiais de construção, *steel frame* e alvenaria convencional de bloco cerâmico – durante as quatro estações do ano: outono, inverno, primavera e verão.

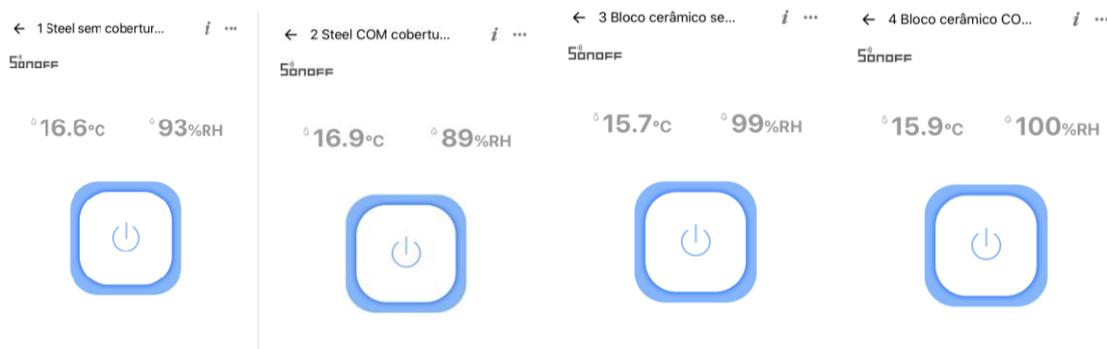


Figura 41. Aplicativo eWeLink- demonstrativo de coleta de dados.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados coletados foram tabulados no programa *Excel*. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do *software* de análise da dados - *R Studio*. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em quatro diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos módulos usados no experimento

TRATAMENTOS	DESCRIÇÃO
A	Módulo construído em sistema <i>steel frame</i> sem cobertura vegetal
B	Módulo construído em sistema <i>steel frame</i> com cobertura vegetal
C	Módulo construído em sistema de bloco cerâmico sem cobertura vegetal
D	Módulo construído em sistema de bloco cerâmico com cobertura vegetal

Foi observado a influência da parede verde - cobertura vegetal, no ganho térmico da superfície da parede.

Para a análise dos dados, foram coletadas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma, comparada com a externa. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais, com as quais se obteve as médias para cada uma das estações do ano – outono, inverno, primavera e verão (M= soma das temperaturas diárias/número de dias). Esse procedimento gerou os gráficos, para cada estação do ano, com as médias de cada mês, para cada tratamento. 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 externa ao ambiente, foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG (CEDETEC, 2021), que apresentam médias com intervalos de 60 minutos e ficam próximas do local de instalação dos módulos.

Os dados foram submetidos a Análise de Variância- ANOVA, para comparar as variáveis entre os quatro tratamentos - A, B, C e D, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para testar a diferença entre as médias dos tratamentos, os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias – Tukey, a 5% de probabilidade, utilizado para comparação múltipla, onde intencionou comparar a distribuição dos quatro tratamentos de amostras independentes avaliando cinco horários diários. Procurou-se buscar os horários de início, metade e fim do dia -6h, 16h e 24h; e horários de menor e maior temperatura do dia – 10h e 20h.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Figuras 42 e 43 são apresentados os dados referentes a temperatura em °C na estação do outono referente a primeira análise de dados, com início em dezenove de março de 2021 e término no dia vinte de junho de 2021. Primeiramente observou-se as temperaturas, interna e externa, de cada módulo em pares, ou seja, comparou-se os módulos de *Steel frame* com e sem cobertura vegetal vertical, entre si, e os de bloco cerâmico

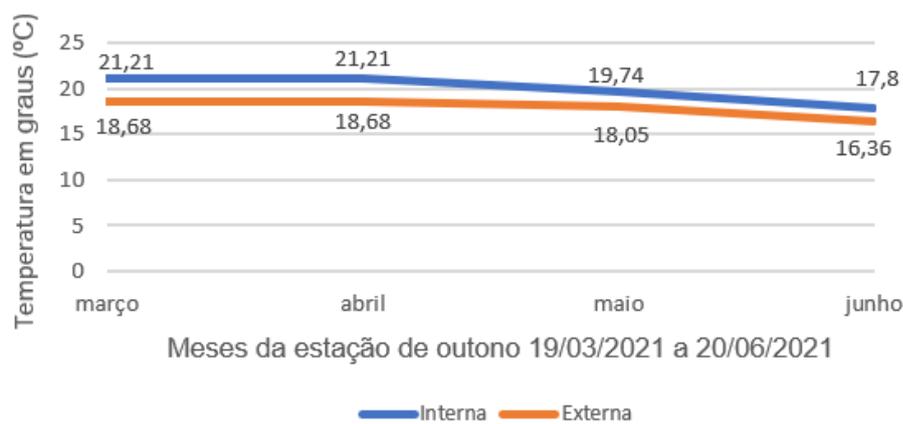


Figura 42. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *Steel frame* sem cobertura verde, na estação de outono.

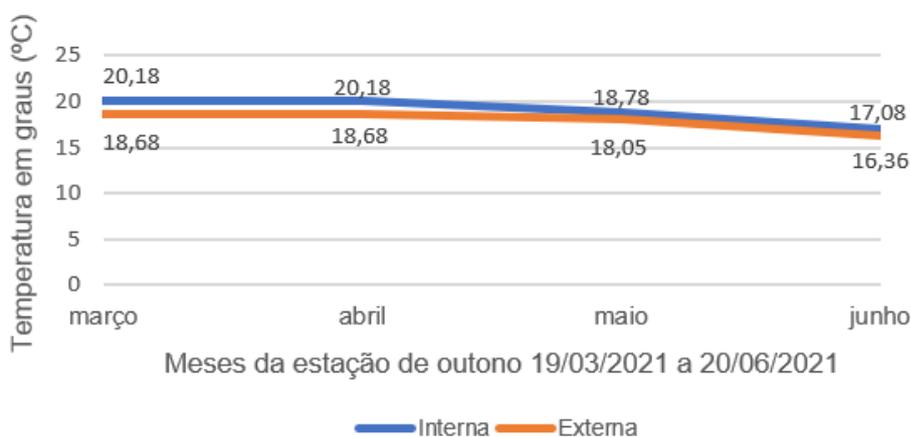


Figura 43. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *Steel frame* com cobertura verde, na estação de outono.

Observa-se que, no período de outono, a existência de cobertura verde na superfície vertical foi praticamente irrelevante no ganho de temperatura interna.

Observando os dois ambientes percebe-se que a temperatura interna diminui conforme a externa. Isso demonstra que a presença do jardim vertical não atua

como retentor de temperatura, influenciando apenas no ganho térmico. Isso fica evidente, uma vez que, apesar de pequena, observa-se que o módulo com a superfície verde teve o menor ganho térmico, o que indica que, para o período de outono, essa não é uma opção positiva, no quesito de desempenho térmico e energético.

Na sequência observou-se o mesmo para os módulos de bloco cerâmico, (Figuras 44 e 45) analisando o diferencial de temperatura interna e externa para cada um deles, com e sem cobertura vegetal.



Figura 44. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de outono.

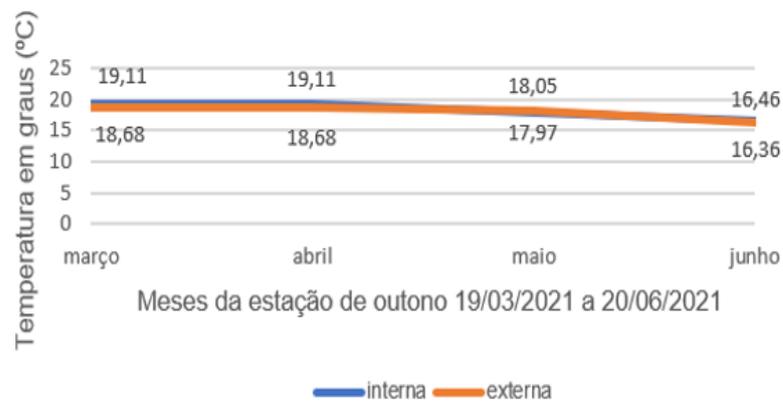


Figura 45. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de outono.

Observa-se que também no caso dos módulos de bloco cerâmico, a interferência da superfície verde, foi praticamente nula, principalmente nos meses de maio e junho, mais próximos do inverno. Em maio, a temperatura média interna foi menor do que a externa, isso demonstra mais uma vez que a existência de jardim

vertical pode não ser positiva, para o ganho térmico nos períodos mais frios, da região analisada. Nas Figuras 46 e 47, é possível observar o comportamento da temperatura, no período de inverno (vinte e um de junho de 2021 a vinte e dois de setembro de 2021) iniciando pelos módulos de *steel frame*.

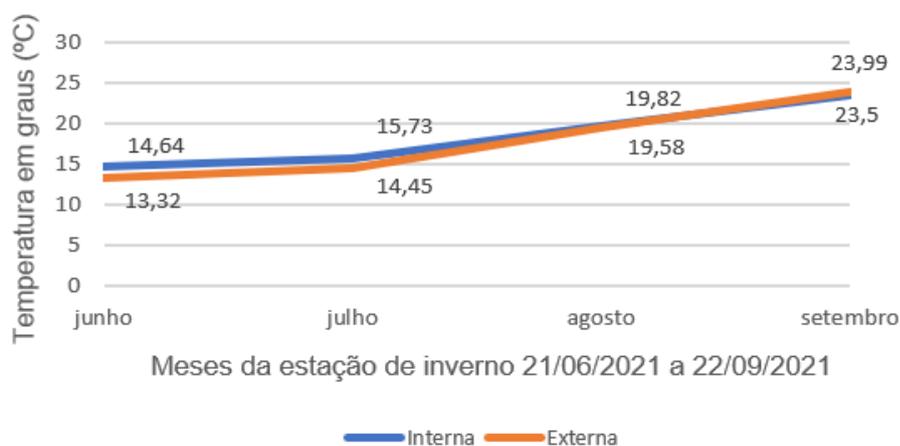


Figura 46. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *Steel frame* sem cobertura verde, na estação de inverno.



Figura 47. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *Steel frame* com cobertura verde, na estação de inverno.

As Figuras 46 e 47 mostram que o módulo de *steel frame* com cobertura vegetal teve resultado de temperatura interna, próximo de 1°C, menor do que o módulo sem cobertura vegetal. Isso indica que, para os períodos mais frios – outono e inverno – a existência de cobertura vegetal em superfícies verticais, pode não ser desejada uma vez que reduz o ganho térmico de uma edificação. Para verificar se este é um fenômeno que ocorre no material, *steel frame*, ou decorrente da existência da superfície vertical, observou-se os módulos de bloco cerâmico, Figuras 48 e 49.

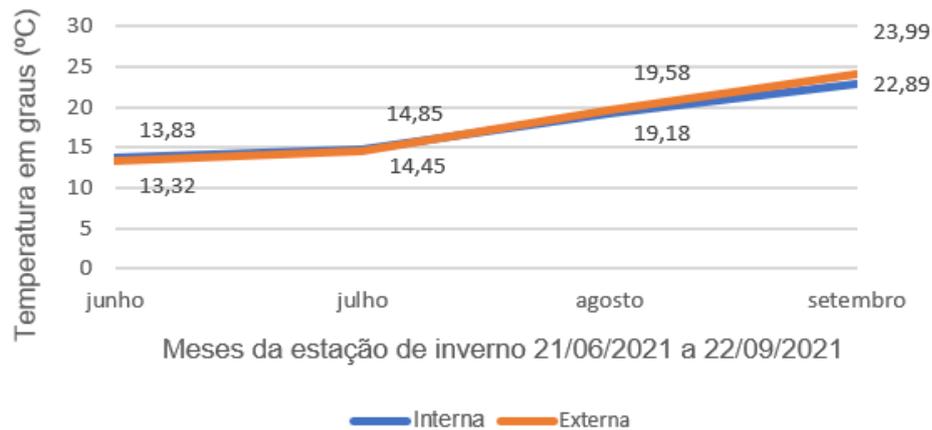


Figura 48. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de inverno.

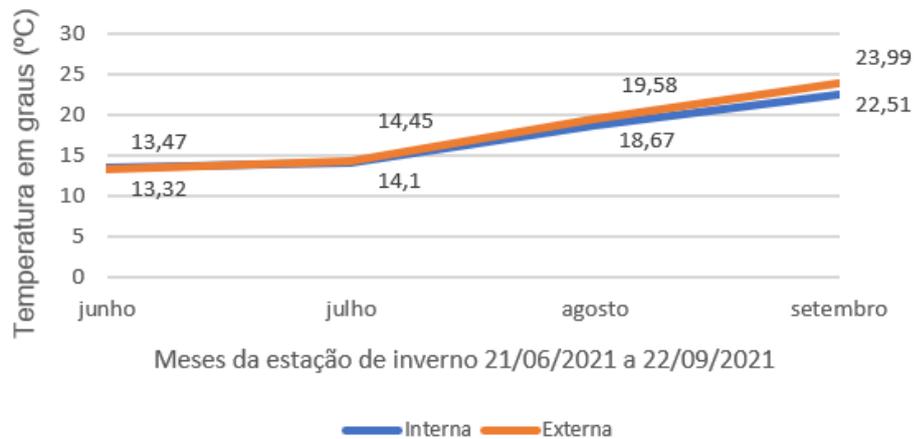


Figura 49. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de inverno.

Observando as Figuras para os módulos de bloco cerâmico, percebe-se que nos períodos mais frios, a temperatura interna é maior e em setembro, próximo ao início da primavera, ocorre o inverso com a temperatura externa sendo maior. Percebe-se ainda, que o módulo com cobertura vegetal, apresentou menor temperatura interna – também em setembro – isso demonstra a tendência, de que a existência da cobertura vegetal é negativa, para o ganho térmico da edificação, nos períodos frios -outono e inverno, contudo, pode ser positivo para os períodos de maior calor, primavera e verão. As Figuras 50 e 51 apresentam a temperatura para os módulos de *steel frame* com e sem cobertura verde.

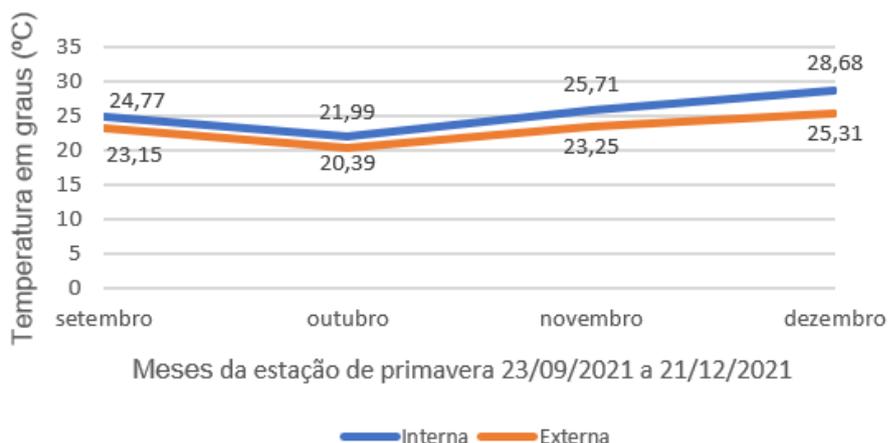


Figura 50. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *steel frame* sem cobertura verde, na estação de primavera.

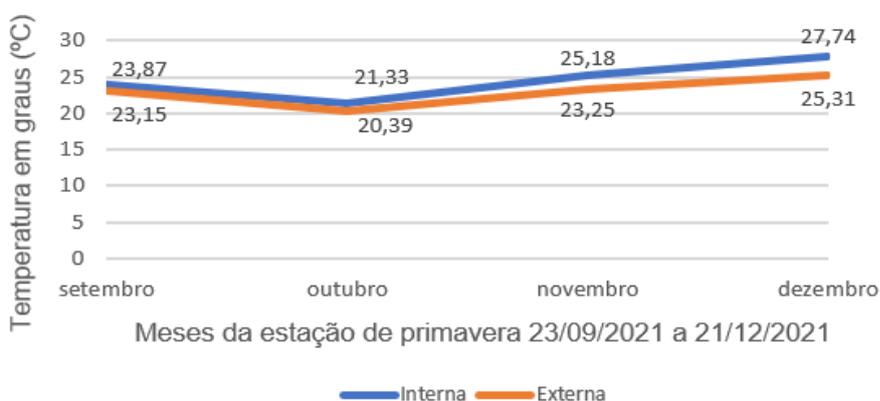


Figura 51. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *steel frame* com cobertura verde, na estação de primavera.

Para o período de primavera, observou-se que, em ambos os módulos de *steel frame*, com e sem cobertura vegetal, a temperatura interna foi superior à externa. Esse resultado aponta, que a existência da cobertura vegetal em superfície vertical, afeta minimamente o ganho térmico da edificação. Contudo, se observado o material, identificou-se que a presença de cobertura reduziu o ganho térmico sendo uma estratégia passiva de controle ambiental capaz de reduzir – mesmo que em pequena escala – a temperatura interna no período da primavera. Analisaram-se os módulos de bloco cerâmico nas Figuras 52 e 53, para verificar se o fenômeno ocorre devido ao material ou a presença de vegetação.

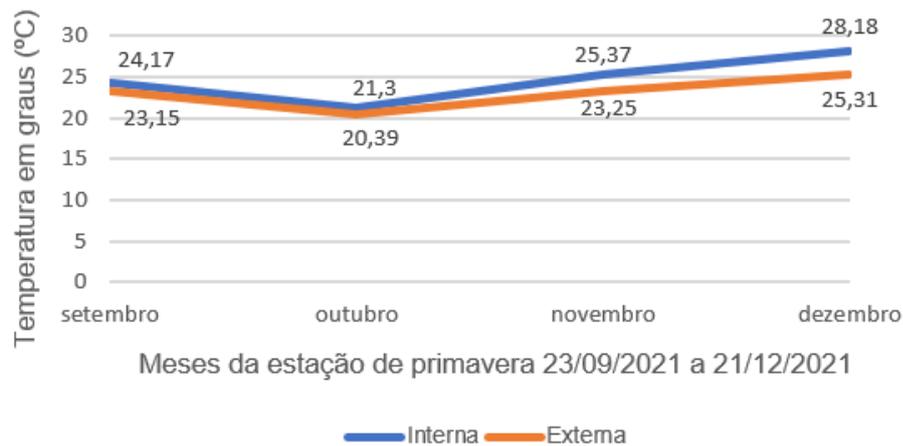


Figura 52. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de primavera.

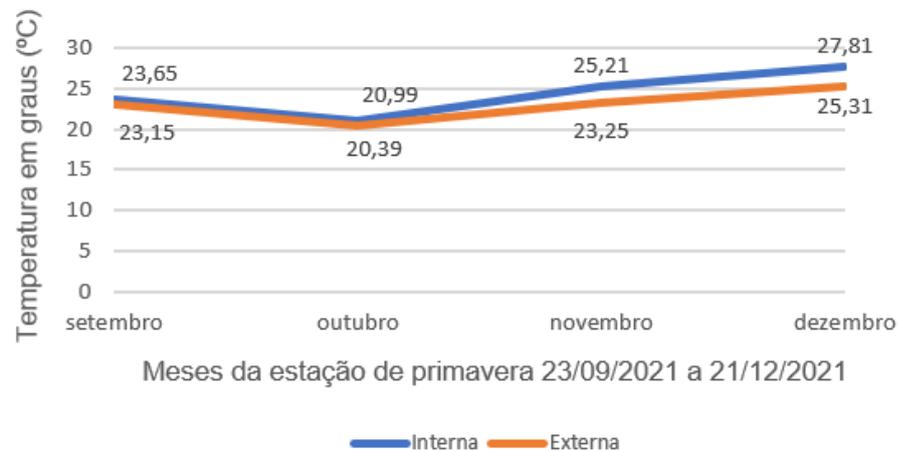


Figura 53. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de primavera.

Observou-se que, mesmo nos módulos de bloco cerâmico, o fenômeno se repete, indicando que a presença da vegetação, realmente reduz o ganho térmico, porém, não de forma significativa, nos períodos de maior calor. Essa significância fica evidente quando se observa os meses de novembro e dezembro, mais próximos do verão, que são períodos mais quentes, tanto externa quanto internamente. Considera-se que a presença da vegetação é positiva, pois reduz aproximadamente 1°C em ambos os casos, o que já afeta positivamente a sensação térmica.

Para o período de verão, da mesma forma que nos períodos anteriores, a temperatura foi analisada por pares de módulos começando pelos módulos de *steel frame*, Figuras 54 e 55.

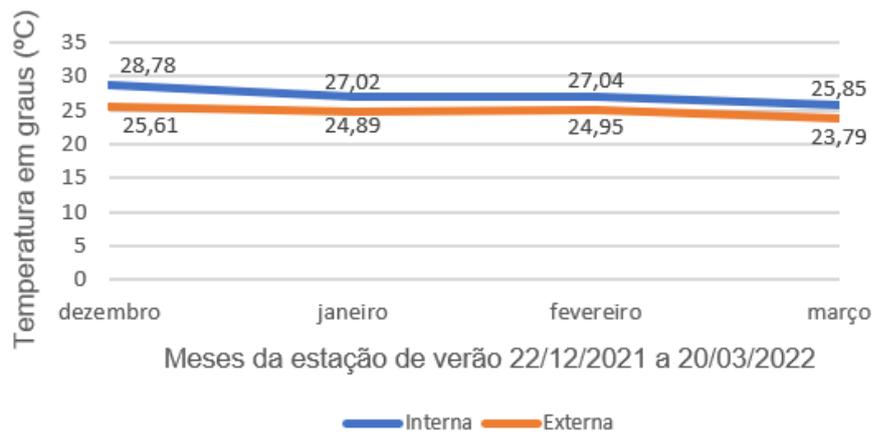


Figura 54. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *steel frame* sem cobertura verde, na estação de verão.

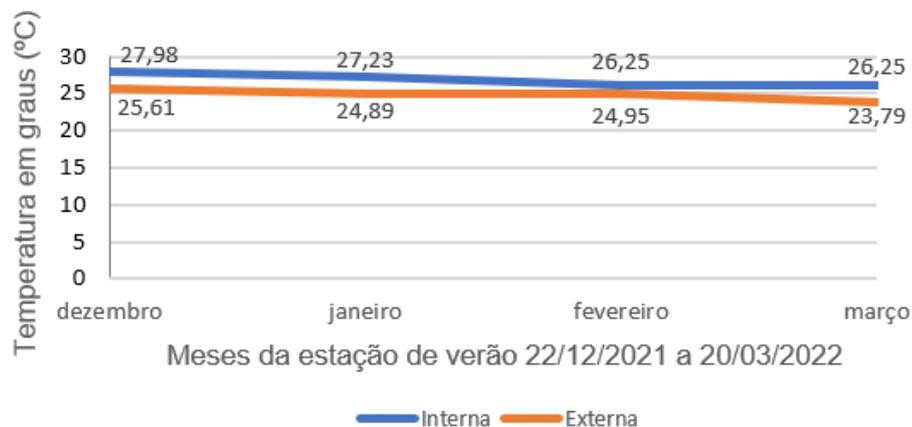


Figura 55. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de *steel frame* com cobertura verde, na estação de verão.

Para o período de verão, ao observar as temperaturas interna e externa, dos módulos de *steel frame* com e sem cobertura vegetal percebe-se que no mês de fevereiro, ocorreu a maior diferença, sendo que o módulo com cobertura, apresentou redução de 0,8°C, na temperatura média. O resultado, abaixo de 1 demonstra que, apesar de reduzir o ganho térmico, a presença de vegetação em superfície vertical, no período de verão, pode não ser tão positiva, o que indicaria uma possibilidade de utilização de estratégias de controle ambiental ativas, para compensar a temperatura. Os módulos de bloco cerâmico são observados nas Figuras 56 e 57.

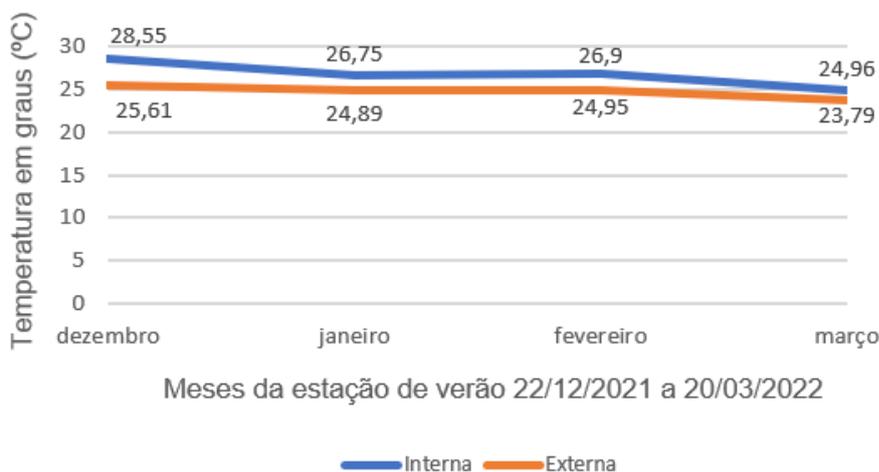


Figura 56. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico sem cobertura verde, na estação de verão.

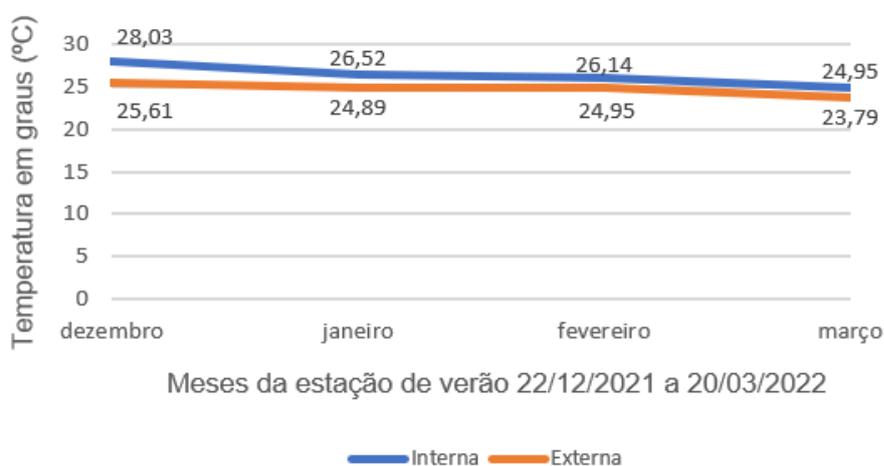


Figura 57. Comportamento da temperatura interna (°C) em relação a externa, do módulo de bloco cerâmico com cobertura verde, na estação de verão.

Observa-se que, quando se trata de uma parede de bloco cerâmico, a existência da vegetação se torna quase irrelevante – para o período de verão – pois o resultado mais expressivo está em fevereiro, onde a diferença da temperatura interna entre os módulos, foi de redução de 0,76°C. Isso indica que a existência da vegetação, em superfície vertical, apresenta redução de temperatura interna contudo, dependendo da estação do ano isso pode ser positivo ou negativo.

O resultado mais positivamente expressivo ocorreu nos períodos de temperaturas mais amenas – outono e primavera – já nos períodos de inverno e verão, a presença do elemento, se mostrou pouco positiva ou de pequena relevância. Porém, ao se comparar as técnicas construtivas testadas é notável que,

para o *steel frame*, a presença de vegetação apresentou resultados mais expressivos. Isso indica que a apropriação de paredes verdes é uma estratégia de controle ambiental possível, dependendo das condicionantes, sendo as observadas, período do ano e técnica construtiva.

Na tabela 2 à tabela 9, são apresentados os valores médios e análise de variância (ANOVA), teste de médias -Tukey, a 5% de probabilidade, juntamente com a média geral dos protótipos, seu coeficiente de variação e a diferença mínima significativa entre os quatro tratamentos analisados – A, B, C e D, para cada estação do ano, tanto para dados de temperatura interna como para umidade relativa do ar interno.

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

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

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

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

Observa-se na tabela 2 (em se tratando das médias computadas as 24h), que o tratamento A – *steel frame* sem cobertura verde e o tratamento D – bloco cerâmico com cobertura verde, são distintos em material e também em valores de médias de temperatura. Já os tratamentos B – *steel frame* com cobertura verde e C- bloco cerâmico sem cobertura verde possuem diferentes materiais, porém, médias iguais.

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

Para a análise do horário das 10h da manhã, entre os tratamentos A e B – *steel frame*, com e sem cobertura verde, e também C e D – bloco cerâmico com e

sem cobertura verde, as médias permaneceram iguais no mesmo material, porém, distintas entre si.

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

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

Na média geral, o que apresentou maiores valores de temperatura, ocorreu no horário das 20h, possivelmente em função do acumulado de calor do dia. Já a menor média, foi no horário das 10h devido a perda contínua de calor da madrugada o que corrobora com OVIEDO (2015), que explica sobre a inércia térmica, sendo esta, a capacidade de contrariar as variações de temperatura no interior da edificação, reduzindo a transferência de calor que ocorre pela capacidade de acumular calor nos elementos construtivos. Este conceito está relacionado com a capacidade do edifício em diminuir o calor transferido em suas maiores temperaturas e liberá-los posteriormente. O atraso térmico nos espaços internos pode fazer com que o pico de temperatura interna máximo aconteça no período posterior, geralmente a noite.

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

15%, denotando média dispersão.

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

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

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

Observa-se na Tabela 3 que para os dados de temperatura interna, na estação de inverno de 2021 os quatro tratamentos permaneceram iguais na maior parte do tempo, das 24h às 16h, apresentando variação apenas no horário das 20h.

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

Segundo CRUCIOL et al. (2018), o comportamento térmico eficiente, quando utilizado a vegetação, acontece porque a mesma absorve parte da radiação incidente para sua manutenção fisiológica, ajudando a reduzir a quantidade de calor irradiado e refletido ao ambiente. Ainda, auxilia para o mecanismo de transpiração e fornece sombra, resultando na diminuição da temperatura da superfície do jardim. A cor da planta, também contribui na temperatura da superfície, uma vez que estudos mostram valor maior de temperatura para a folhagem mais roxa. Isso reforça que a cor representada na variedade de plantas é um aspecto importante ao projetar um jardim vertical, em áreas com maior exposição solar, pois pode aumentar ou diminuir a temperatura da superfície do jardim e, conseqüentemente, sua saída térmica.

O coeficiente de variação, para a estação de inverno, apresentou valores acima de 30% demonstrando que os dados são heterogêneos, sendo de alta dispersão, principalmente no horário das 10h da manhã. Para os demais horários,

24h, 16h e 20h, os valores foram de média dispersão, conforme GOMES (2009).

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

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

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

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

Na Tabela 4 em se tratando da estação de primavera, coletando os dados de temperatura interna, dos quatro módulos, pode-se observar que às 24h e às 16h as médias de todos os tratamentos se mantiveram iguais.

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

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

O coeficiente de variação na estação de primavera obteve na maior parte do

dia, valores abaixo de 15% denotando dados homogêneos, ou seja, baixa dispersão. Somente no horário das 20h os dados apresentaram média dispersão, valor acima de 15% conforme dados direcionados por GOMES (2009).

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

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

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

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

A análise da Tabela 5, de temperatura na última estação de verão, houveram pequenas discrepâncias entre os quatro tratamentos, no decorrer dos diferentes horários analisados. No horário das 24h, onde os tratamentos A - *Steel frame* sem cobertura verde e D – bloco cerâmico com cobertura verde, foram diferentes; e os tratamentos B- *Steel frame* com cobertura verde e C – bloco cerâmico sem cobertura verde foram iguais, o mesmo ocorrido na estação de outono, em igual horário.

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

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

estratégia para a minimização da temperatura interna dos ambientes.

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

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

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

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

A avaliação da umidade relativa do ar, exposta na tabela 6, na estação outono indica que até às 10h as umidades são distintas nos quatro tratamentos e a partir das 16h, as umidades começam a se igualar nos tratamentos C e D – de mesmo material, bloco cerâmico, porém, nos tratamentos A e B, de *steel frame* não.

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

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

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

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

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

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

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

Na tabela 7, em se tratando das análises de umidade relativa do ar interno dos quatro tratamentos com coleta de dados, na estação de inverno, é possível observar que os tratamentos de mesmo material A e B – *steel frame*, com e sem cobertura verde, mantiveram igual média nos cinco horários analisados e menor média de umidade em relação aos tratamentos C e D, bloco cerâmico com e sem cobertura verde; sendo o tratamento B- *steel frame* com cobertura verde o que apresentou menor média entre os quatro analisados.

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

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

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

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

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

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

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

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

Na estação de primavera a tabela 8 mostra a análise de umidade relativa do ar interno, nos quatro tratamentos, onde pôde-se observar o mesmo comportamento da estação anterior de inverno. Nos tratamentos A- *steel frame* sem cobertura verde, C- bloco cerâmico sem cobertura verde e D- bloco cerâmico com cobertura verde se mantiveram na mesma média em todos os horários analisados sendo também,

iguais médias para os três casos. Já o tratamento B obteve mesma média durante os horários do dia, porém, umidade inferior se comparado aos demais tratamentos.

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

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

Tabela 9. Valores médios de umidade interna dos módulos de *steel frame* sem cobertura verde, *steel frame* com cobertura verde, bloco cerâmico sem cobertura verde, bloco cerâmico com cobertura verde na estação de verão

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

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

Na última estação analisada apresentada na tabela 9, no verão, a umidade relativa do ar interno ao ambiente, as médias foram iguais para todos os tratamentos: A- *steel frame* sem cobertura verde, B- *steel frame* com cobertura verde, C- bloco cerâmico sem cobertura verde, D- bloco cerâmico com cobertura verde, com valores de umidade iguais, em todos os horários estabelecidos para a análise. Sendo assim, o mesmo ocorre para a média geral de umidade relativa do ar e coeficiente de variância.

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

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

aumentando a resistência térmica.

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

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

5. CONCLUSÕES

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

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

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

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

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

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

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

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

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, B. **Criando Paisagens**: Guia de Trabalho em Arquitetura Paisagística. 4ª ed. São Paulo – SP: Editora Senac São Paulo-SP, 2010. 208 p.

ALTOÉ, L.; Costa, J.M.; Oliveira Filho, D.; Martinez, F.J.R.; Ferrarez. A.H.; Viana, L.A. **Políticas públicas de incentivo á eficiência energética**. Estud.Av. vol.31 no.89 São Paulo, abr. 2017. DÓI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890022>.

AMORIM, Trindade Costa Margarete Cristiane. **Climatologia e gestão do espaço urbano**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, v. 9, núm.1, pp.71-90, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273620609006>. Acesso em: 11 set. 2021.

ANACLETO, E. **Jardins Verticais**. Jardins, 2018. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/18355/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado%20-%20Jardins%20Verticais.pdf> . Acesso em: 07 set. 2021.

ANDRADE, N. C. de, Roriz, M. Comportamento térmico de cobertura verde utilizando a grama brachiaria humidicola na cidade de São Carlos, SP. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, São Carlos,SP, v. 1, n. 4, p. 75, 2009. DOI: 10.20396/parc.v1i4.8634502. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634502>. Acesso em: 21 out. 2020.

ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. Dissertação de mestrado. UFSC, Santa Catarina, 1997.

ARAÚJO, M. A. Uniedu: **A moderna construção sustentável**,2015. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/Artigo-Vladimir-Jos%C3%A9-Wieczynski.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 8042**: Bloco cerâmico para alvenaria – Formas e Dimensões. Rio de Janeiro, 1992. NBR 15575 –Edificações habitacionais - Desempenho. ABNT. 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9241-210**: Ergonomia da interação humano-sistema: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 15253**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 15575:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Requisitos gerais, 2013.

BANSAL, N. K.; Garg, S. N.; Kothari, S. **Effect of exterior surface colour on the thermal performance of buildings**. Building and Environment, v. 27, p. 31-37, 1992.

BEN – **Balanco 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.

BERENTSEN, V.D.; Grefsrød, E.E.; Eek, A. **Sansehager for personer med demens:** Utforming og bruk. Tønsberg, Forlaget Aldring og helse. 2007. 152 p. Disponível em: <https://butikk.aldringoghelse.no/fritt-tilgjengelig/sansehager-for-personer-med-demens-digital-versjon>. Acesso em: 07 st. 2021.

BERTOLINI, Daniele. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2020. **Viabilidade de implantação de certificação LEED** – Categoria energia e atmosfera em uma agroindústria do oeste do Paraná. Profa. Dra. Maritane Prior. Disponível em: https://www5.unioeste.br/portaunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao_Daniele.Bertolini.pdf. Acesso em: 25 jun. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformado a frio, com fechamentos em chapas delgadas** (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”). Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais - SiNAT. Brasília, DF, 2016. Disponível em: http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: 30 jul. 2021.

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

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade:** O que é – O que não é. Editora Vozes. Petrópolis, RJ, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional – BEN 2020**. Disponível em: <http://www.mne.gov.br>. Acesso em: 10 nov. 2020.

BURHAN, Zgur, Karac, E. Vertical Gardens. Em M. Ozyavuz (Ed.), Advances in Landscape Architecture, 2013. InTech. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/verticalgardens>. Acesso em: 07 set. 2021.

CAMARGO, Maína Sevioli De; Fernandes, Isabella Maria Martins; Holanda, Elisa Sayure Tanima De. **Utilização de jardim vertical para conforto térmico e harmonia paisagística no Bloco de Salas de Aula Sul da Universidade de**

Brasília Orientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição 60 páginas. Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2020.

CARREIRA, D.; Re'em, A.; Tarin, M. **Natural Capital Risk Exposure of the Financial Sector in Brazil**. Trucost, 2015. Relatório. Disponível em: <https://cebds.org/wp-content/uploads/2015/07/GIZ-Natural-Capital-Risk-Exposure.pdf>. Acesso em: 29 jul.2021.

CASALS, X. G. **Analysis of building energy regulations and certification in Europe: their role, limitations and differences**. Energy and Buildings, Oxford, v. 38, p. 381-392, 2006. DOI: 10.1016 / j.enbuild.2005.05.004. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-82df1f06-dff9-321f-9a1e-b1c9007ae769>. Acesso em: 28 jun.2021.

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

CASTRO, A. S.; Goldenfum, J. A. **Uso De Telhados Verdes No Controle Quali-Quantitativo Do Escoamento Superficial Urbano**. 2008. Dissertação (doutorado Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio grande do Sul. 2008. Disponível em: <https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2015/03/ESCOAMENTO-SUPERFICIAL-URBANO.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

CASTRO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados. Light steel framing**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CAVALHEIRO, Odilon P. **Alvenaria tão antiga e tão atual**.2006. Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/cavalheiro1.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2013. **Desempenho de Edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**.Disponível em: <https://site.abece.com.br/download/pdf/130626CBICGuiaNBR2EdicaoVersaoWeb.pdf> f Acesso em: 06 jan. 2021.

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

CLIMATE-DATA.ORG. Dados climáticos. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/cascavel-5965/>. Acesso em: 29 jun.2021.

CORBELLA, O.; Yannas, S. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos: Conforto Ambiental**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORSINI, R. **Telhado verde: Cobertura de edificações com vegetação requer**

sistema preparado para receber as plantas, texto divulgado em dezembro de 2011, Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-de-edificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

COSTA, Eden V. **Medidas da umidade relativa do ar em um ambiente fechado**. Instituto de física, universidade federal fluminense boa viagem, 24210-340, niterói, rj, brasil, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1806-11172003000300014>. Acesso em: 11 set. 2021.

COSTA, Letícia Alves da; DONÁDIO, Paulo; DIAS, Rafael; MACHADO, Ricardo Antônio Francisco. **Avaliação da redução térmica e redução de ruído em telhas galvanizadas com e sem aplicação de tinta emborrachada**. ABRAFATI, 2013.

CRUCIOL, Barbosa Murilo. **Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua** / Murilo Cruciol Barbosa, 2019 169 f. Orientadora: Maria Solange Gurgel de Castro Fontes Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/190784/cruciolbarbosa_m_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 27 jun. 2022.

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.

ESIN, T. **A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production process (in Turkey)**. Building and Environment Vol.42, 2007, pp.3860-3871 DÓI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.011>

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

FERREIRA, M. Teto Verde: **O uso de coberturas vegetais em edificações**, 2007. Disponível em: http://www.pucrio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manoela_de_freita_ferreira.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

FERREIRA, R. C. L. **Desempenho de vedações verticais em Light Steel Framing: estudo comparativo com o sistema de alvenaria de blocos cerâmicos**. 2015. 74 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

FROTTA, A. B. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São

Paulo: Studio Nobel, 2001.

FROTTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1999. 3ed.

GARTLAND, Lisa. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

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

GOLDENBERG, J. I Encontro de Arquitetura, Energia e Meio Ambiente. São Paulo. FAUUSP, 1988.

GOMES, Frederico Pimentel. Curso de Estatística Experimental. Editora: Fealq- 15ª Edição, 2009.

GONZÁLEZ, M.; Navarro, J. **Assesment of the decrease of CO2 emissions in the construction field through the selection of materials**: Pratical case study of three houses of low environment impact. Building and Environment Vol. 41, 2006, 902-909. DOI: [10.1016 / j.buildenv.2005.04.006](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.006)

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

GOUVEIA, L. **Teto verde**: Uma proposta ecológica e de melhoria do conforto ambiental a partir do uso de coberturas vegetais nas edificações, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/24164159-Teto-verde-uma-proposta-ecologica-e-de-melhoria-do-conforto-ambiental-a-partir-do-uso-de-coberturas-vegetais-nas-edificacoes.html>. Acesso em: 10 nov. 2020.

HASS, Deleine Christina Gessi e Martins, Louise Floriano. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011, 76 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado no curso de Engenharia de Produção Civil, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Curitiba.

HASSID, Roberta. **Como aplicar sustentabilidade nas casas** (edificações). 2018. Disponível em: <https://blog.maxieduca.com.br/sustentabilidade-edificacoes-casa/> Acesso em: 05 nov. 2020.

HIRST, E.; Clinton, J.; Geller, H.; Kroner, W. **Energy efficiency in buildings: progress & promise**. ACEEE, Washington, D.C., 1986.

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

IBGE. **Densidade demográfica**: Censo Demográfico, 2020.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Curitiba: IAPAR, 1994.

INEE- instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é eficiência energética?**, 2009. Disponível em http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia#o_que_eh. Acesso em: 05 nov. 2020.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**, 2012. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html> Acesso em: 06 jan. 2021.

JANKOVITZ, João Afonso Abel. **Noções de isolamento acústico e absorção sonora**, 2004. Disponível em: <http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/IsoleAbsor.htm//>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

KERN, A. P. **Energy and water consumption during the post-occupancy phase and the users' perception of a commercial building certified by Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)**. Journal of cleaner production, 2016. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163284826> . Acesso em: 26 jun. 2021.

KONTOLEON, K.J.; Eumorfopoulou, E.A.; **The effect of the orientation and proportion of a plantcovered wall layer on the thermal performance of a building zone**. Building and Environment, Elsevier, vol. 45, 2010.

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. REVISÃO DA NBR 16401-2, 2021. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/210126%20PROJETO%2016401-2.pdf>. Acesso em: 7 set. 2021.

LIRA FILHO, J.A. **Paisagismo: Princípios Básicos**. 2 ed. Viçosa-MG, Editora Aprenda Fácil. 2012. 166 p.

LOH, S. **Living Walls – A Way to Green the Built Environment**. Environment Design Guide. TEC26.2008. Disponível em: <http://www.environmentdesignguide.com.au/pages//content/tec--technology/tec-26-living-walls--a-way-to-green-the-builtenvironment.php>. Acesso em: 05 nov. 2020.

LONGO, A. J.; Sampaio, S. C.; Suszek, M. **Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel PR**. Varia Scientia, Cascavel, v.6, n.12, p.16-30, 2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKatos, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. – 6ª edição – São Paulo Atlas, 2005.

MASCARÓ, Lúcia. **Projeto arquitetônico e desempenho térmico-energético do edifício**. I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Regional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações. Florianópolis, 1998. Artigo Técnico p. 97-108.

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

MEDEIROS, V.A. **Casa Sustentável**. Ed Senge- MG, 2012.

MENDONÇA, Francisco. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILAN, G. S.; Novello, R. V.; Reis, Z. C. dos. **A viabilidade do sistema lightsteel frame para construções residenciais**. Revista Gestão Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2011.

MOTTA, Regina. **Jardins Terapêuticos**: Um Agradável recuso de cura. Paisagismo Digit@l – AuE Software. Nov, 2013. Disponível em: <https://paisagismodigital.com/noticias/?id=jardins-terapeuticos:-um--recurso-de-cura-%7C-paisagismo-digital&in=331>. Acesso em: 07 set. 2021.

MORAGA, Gustavo Longaray. **Avaliação do Ciclo de Vida e simulação termoenergética em unidade habitacional unifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida**, 2017. 161 f. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/169822/001049943.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 jul. 2021.

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

NASCIMENTO, M. A., Torres, E. A. **Avaliação energética do ciclo de vida**: estudo de caso aplicado a construção civil, v. 6 n. 1 (2021): revista scientia 15, v. 6, n. 1, jan./abr. 2021. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/scientia/issue/view/543>. Acesso em: 29 jul. 2021.

NASCIMENTO, L. B. P. do. **Influência de variáveis construtivas e de uso de equipamentos e ocupação no consumo de energia em edifícios de escritório localizado em Londrina-PR**. 2010. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UUEL_d68cf069b35cbe332295019b932f39e6. Acesso em: 29 jul. 2021.

NAKAMURA, J. A., **Respeito do Meio Ambiente**. Revista AU, São Paulo, ano 21, n. 142, p.40-49, jan. 2006.

NETO, A. C. N. **Energia incorporada e emissões de CO₂ de fachadas**. Estudo de caso do *steel frame* para utilização em Brasília. Mestrado (Dissertação em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9837>. Acesso em: 30 jul. 2021.

OLIVEIRA, E.M.; Alves, R.O.; Sedyama, G.C.; Cecon, P.R.; Drumond, L.C.D. **Análise do coeficiente e o desempenho do irrigâmetro e a influência dos elementos do clima na estimativa da evapotranspiração, engenharia na agricultura**, viçosa - mg, v.19 n.4, julho / agosto 2011. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.13083/reveng.v19i4.131>. acesso em: 11 set. 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.

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

PAIVA, P.D.O. **Paisagismo: Conceitos e Aplicações**. 1ª ed. Lavras-MG: Editora UFLA, 2008. 604 p.

PALACIO, C. D. U. **Energia incorporada de vedações para habitação de interesse social considerando-se o desempenho térmico**. Estudo de caso com utilização do light steel frame no entorno do DF. Mestrado (Dissertação em Construção Civil) Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/14031>. Acesso em: 30 jul. 2021.

PEREIRA de Souza, L.; Bavaresco, M. V.; Vaz, C. E. V.; Lamberts. **Inserção de simulações de desempenho térmico no processo de projeto**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v.12, p.e 021011, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8657346>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8657346>. Acesso em: 7 set. 2021.

PEREIRA, S. S.G. **Climatização passiva em edifício de serviços**. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA -Departamento de Engenharia Civil, 2013.

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.

PIANCA, J. B. **Manual do construtor**. V.2. Porto Alegre: Globo, 1978. Acesso em: 20 dez. 2020.

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

PRIZIBELA, S. C. C. **Aplicação de princípios de sustentabilidade em empreendimentos de grande porte**: posicionamento dos arquitetos. 2011. 208 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina. 2011.

Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PARQ0146-D.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

RAMOS, V. M. K. **Avaliação do ciclo de vida dos materiais de uma habitação de interesse social em alvenaria convencional, light steel framing e light wood framing**. CURITIBA, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/63261/R%20-%20D%20%20VALERIA%20MAYUMI%20KUSHIMA%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 jul. 2021.

RIBEIRO, G. S. **Conforto ambiental, sustentabilidade, tecnologia e meio ambiente**: estudo de caso Hospital Sarah Kubitschek – Brasília. III Fórum de pesquisa FAU – Mackenzie. São Paulo, 2007.

RODRIGUES, A. L.; Souza, B. B.; Pereira Filho, J. M. **Influência dosombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacasleiteiras**. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.

RODRIGUES, F. C.; Caldas, R. B. **Steel Framing**: engenharia. 2 ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2016. Disponível em: http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/101497_manual_lsf_engenharia_2016.pdf. Acesso em: 30 jul. 2021.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing**: Engenharia. Rio de Janeiro:IBS/CBCA, 2006. (Série do Manual da Construção em Aço).

RODRIGUES, T.; Viegas, J.; Feitosa, A. **Conforto térmico como indicador de qualidade de vida: relação entre as casas de taipa e alvenaria, na comunidade quilombola jamary dos pretos**, turiaçu-MA. Disponível em:<<http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=1863/>>. Acesso em: 20 dez 2020.

RODRÍGUEZ, J.M.G.; Carlesso, f.; Vieira, I.e.; da Silva, I. **A irradiância solar**: conceitos básicos. Rev. Bras. Ensino fís. 40 (3) • 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0342>. Acesso em 11 set. 2021.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. ProEditores. São Paulo, 2000.

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. M. **Desempenho térmico e as paredes de concreto**, 2013. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 20 dez 2020.

SACHS, A.; Nakamura, J. **Desempenho revisado**. Técnica, n. 192, p. 42-49,Março 2013.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural** – Outro Preto, 2008. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Outro Preto, 2008.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; Freitas, Arlene Maria Sarmanho; Castro, Renata Cristina Moraes de. **“Steel Framing”**: Arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em Aço. 2012. 151p.

SANTOS, Everton de Britto. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e parede de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**, 2013. Disponível em: <
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1869/1/CM_COECI_2013_1_04.pdf>. Acesso em: 20 dez 2020.

SANTOS, R. L.; Andrade, H. O. **Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática**: Feira de Santana-Bahia, Brasil. Revista de Geografia Norte Grande, n. 40, p. 77-84, 2008.

SATTLER, M. A. **Edificações Sustentáveis**: interface com a natureza do lugar. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

SCHERER, Minéia Johann; Alves, Thales Severo; Redin, Janaína. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 84-101, out. 2018. ISSN 2318-1109. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693>. Acesso em: 27 jun. 2022. DOI:<https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>.

SCHERER, M. J.; Fedrizzi, B.M. **Cortinas verdes**: Método experimental para quantificar a variação de sombreamento proporcionada pela vegetação. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino americano de conforto no ambiente construído, 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/62287702-Cortinas-verdes-metodo-experimental-para-quantificar-a-variacao-anual-de-sombreamento-proporcionada-pela-vegetacao.html>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SCHEUER C.; Keoleian, G. A.; Reppe, P. **Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications**. Energy and Buildings, n. 35, p. 1049-1064, 2003. Disponível em: <https://css.umich.edu/publication/life-cycle-energy-and-environmental-performance-new-university-building-modeling>. Acesso em: 29 jul.2021.

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.

SHAD, R., Khorrami, M., Ghaemi, M. **Developing an Iranian green building assessment tool using decision making methods and geographical information system**: Case study in Mashhad city. Renewable and Sustainable Energy Reviews,

v. 67, p. 324-340, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308202868_Developing_an_Iranian_green_building_assessment_tool_using_decision_making_methods_and_geographical_information_system_Case_study_in_Mashhad_city. Acesso em: 28 jun.2021.

SIMEPAR. **Dados das Estações**. 2020. Disponível em < http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/dados_estacoes/24535333 > Acesso em: 18 mai. 2021.

SHIAH, K.; Kim, J. **An investigation into the application of vertical garden at the new SUB atrium**, 2011. Dóí: <https://doi.org/10.14288/1.0108430> Disponível em: <https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/undergraduateresearch/18861/items/1.0108430>. Acesso em: 07 set. 2021.

SONOFF TH 16. Interruptor inteligente. Disponível me: <https://www.sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-th10-barra-th16>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SORGATO, M. J.; Melo, A. P.; Lamberts, R. **Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico da Norma NBR 15575**. Artigo submetido ao ENCAC 2013. LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2013.

SOUZA, H.A.; Amparo, L.R.; Gomes, A.P. **Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em *light steel framing***. Ambienteconstruído. vol.11, no.4. Porto Alegre, dez. 2011. DÓI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400009>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212011000400009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 24 nov. 2020.

STEINKE, Ercílio Torres. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SUN-PATH – Simulador de Mapas de localização geográfica. Disponível em: <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>. Acesso em: ago. 2021.

THOMARK, C. **Environmental analysis of a building with reused building materials. International journal of low energy & sustainable building 2000**. Disponível em: <http://muep.mau.se/handle/2043/9844?show=full> .Acesso em: 06 jan.2021.

THOMAZ, Ercio. Código de Práticas N° 01: **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT, 2009. 65 p.

TONIETTO, Thayara. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2021. **Telhado verde e telhado frio e suas contribuições para a redução da temperatura ambiente em construções na cidade de Cascavel no Oeste do estado do Paraná**. Orientador: Dr. Jair Antônio Siqueira Cruz. Disponível em: <https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao.Thayara.Tonietto.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2021.

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

VASQUES, C. C. P. C. F.; Pizzo, L. M. B. F. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares**. Cognition, São Paulo, 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/32192982/COMPARATIVO_DE_SISTEMAS_CONSTRUTIVOS_CONVENCIONAL_E_WOOD_FRAME_EM_RESID%C3%84NCIAS_UNIFAMILIARES. Acesso em: 30 jul. 2021.

VENKATARAMA Reddy, B. V.; Jagadish K, S. **Embodied energy of common and alternative building materials and technologies**. Energy and Buildings, n. 35.p. 129-137, 2001. Disponível em: <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1052218338> . Acesso em 29 jul.2021.

VETOR GARDEN. Jardins suspensos- plastwall. Disponível em: https://vetorgarden.com.br/?qclid=Cj0KCQjw6ZOIBhDdARIsAMf8YyEAuWUcxfwGzkY8DkAAthGMkaP86Ayu1J5HxK_t3PhVTpYv_aOi2MaAgWLEALw_wcB. Acesso em: 29 jun. 2021.

VIANA, Saulo Augusto de Oliveira. **Análise de Custo e Viabilidade Dentre os Sistemas de Vedação de Bloco Cerâmico e Drywall Associado ao Painel Monolite EPS**. Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.

VIEIRA, Rômulo Valente Custódio. Monografia: **Análise da eficiência energética e conforto térmico do Instituto de Biologia**. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Orientador: Prof. Dr. Evangelos Dimitrios Christakou. Universidade de Brasília, Brasília/ DF, 08/12/2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12694/1/2014_RomuloValenteCustodioVieira.pdf. Acesso em: 27 jun. 2022.

ZEVI, Bruno. **Saber ver a Arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.