



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Davi Cruz Martins de Moraes

**INFLUÊNCIA DA MANTA LÍQUIDA IMPERMEABILIZANTE BRANCA NA
TEMPERATURA DE EDIFICAÇÕES**

PAU DOS FERROS - RN

2024

Davi Cruz Martins de Moraes

**INFLUÊNCIA DA MANTA LÍQUIDA IMPERMEABILIZANTE BRANCA NA
TEMPERATURA DE EDIFICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos
Feros – CMPF, como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Adla Kellen Dionisio
Sousa.

PAU DOS FERROS - RN

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M827i Moraes, Davi Cruz Martins de.
 Influência da manta líquida impermeabilizante
 branca na temperatura de edificações / Davi Cruz
 Martins de Moraes. - 2024.
 35 f. : il.

 Orientadora: Adla Kellen Dionisio Sousa.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2024.

 1. Manta líquida impermeabilizante. 2. Redução
 da temperatura. 3. Temperatura interna e
 superficial. I. Sousa, Adla Kellen Dionisio ,
 orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

 Biblioteca Campus Pau dos Ferros
 Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
 CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Davi Cruz Martins de Moraes

**INFLUÊNCIA DA MANTA LÍQUIDA IMPERMEABILIZANTE BRANCA NA
TEMPERATURA DE EDIFICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos
Feros – CMPF, como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

DATA DA APROVAÇÃO: 25/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a Adla Kellen Dionisio Sousa - UFERSA
Presidente

Prof. Karina Estrela Egidio
Membro examinador

Kaelly de Freitas Silva
Membro examinador

Dedico

A Jesus Cristo, meu único e verdadeiro salvador.

Que toda honra, e toda glória seja dada a Ele.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois, sem Ele, eu não estaria aqui para escrever esse trabalho.

Agradeço a minha mãe, Maria Venceslau de Moraes Martins, por me apoiar e sempre acreditar em mim.

Agradeço a minha orientadora Adla Kellen.

Agradeço a família e amigos, obrigado a todos.

Agradeço a Garin, empresa fabricante da manta líquida impermeabilizante, por ter enviado o produto para ser estudado.

RESUMO

O aumento da temperatura global levanta sérias preocupações sobre o consumo de energia e o conforto térmico, especialmente em regiões de temperatura elevada. Com o calor extremo, a utilização de sistemas de climatização, como ar-condicionado, cresce significativamente, resultando em maior demanda por energia elétrica. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência térmica da manta líquida impermeável de cor branca. Para isso, foram construídos dois protótipos, ambos com estruturas em alvenaria de bloco cerâmico e laje em concreto armado; um com aplicação da manta líquida impermeabilizante e o outro sem aplicação, utilizado como protótipo referência. Antes da execução, foi realizado um estudo prévio para observar o comportamento solar, para garantir que não houvesse interferência na projeção da sombra de um protótipo sobre o outro. Nos dois protótipos foram posicionados sensores, para o registro das temperaturas internas. Os resultados mostram que a manta líquida promove redução na temperatura interna e superficial, o que reduz a transferência de calor entre faces. Portanto, a manta líquida impermeável, além da característica impermeabilizante, reduz a temperatura interna e superficial em estruturas de concreto. A utilização desse material contribui para redução do consumo de energia, e melhoria do conforto térmico.

Palavras-chave: Manta líquida impermeabilizante. Redução da temperatura. Temperatura interna e superficial.

ABSTRACT

The increase in global temperature raises serious concerns about energy consumption and thermal comfort, especially in regions with high temperatures. With extreme heat, the use of climate control systems, such as air conditioning, grows significantly, leading to higher demand for electricity. This research aimed to evaluate the thermal influence of a white waterproof liquid membrane. For this purpose, two prototypes were constructed, both with masonry structures using ceramic block walls and reinforced concrete slabs; one with the application of the waterproof liquid membrane and the other without, serving as a reference prototype. Prior to execution, a preliminary study was conducted to observe solar behavior, ensuring no shadow interference between the prototypes. Sensors were placed in both prototypes to record internal temperatures. The results show that the liquid membrane promotes a reduction in internal and surface temperatures, thereby reducing heat transfer between faces. Thus, in addition to its waterproofing feature, the liquid membrane reduces internal and surface temperatures in concrete structures. The use of this material contributes to energy savings and improves thermal comfort.

Keywords: Waterproofing liquid membrane. Temperature reduction. Internal and surface temperature

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da transmitância.....	15
Figura 2 - Representação absorvância.....	16
Figura 3 - Representação reflectância	16
Figura 4 - Etapas do Processo Metodológico	19
Figura 5 - Protótipos	20
Figura 6 - Dados Para Análise Solar no Revit	20
Figura 7 - Localização Aproximada da Construção dos Protótipos	21
Figura 8 - Equipamentos para Registro de Dados	21
Figura 9 - Manta Líquida Impermeabilizante.....	22
Figura 10 - Aplicação da Primeira Demão	22
Figura 11 - Aplicação da Segunda Demão	23
Figura 12 - Aplicação da Terceira e Quarta Demão	23
Figura 13 - Forma de coleta para temperatura interna.....	24
Figura 14 - Resultado da análise solar.....	25
Figura 15 - Análise solar nos horários de coleta.....	26
Figura 16 - Construção dos Protótipos	27
Figura 17 - Execução da Laje	27
Figura 18 - Espessura da Laje	28
Figura 19 - Material impermeabilizante aplicado	28
Figura 20 - Posicionamento dos Sensores	29
Figura 21 - Temperaturas Registradas nos Protótipos: primeiro período	30
Figura 22 - Temperaturas Registradas nos Protótipos: segundo período	31
Figura 23 - Temperaturas Registradas nos Protótipos: terceiro período.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1.	OBJETIVO GERAL	13
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO TEÓRICA.....	14
3.1.	EFEITO ESTUFA E EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	14
3.2.	TRANSFERÊNCIA DE CALOR	14
3.3.	CONFORTO TÉRMICO	15
3.4.	INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS NO DESEMPENHO TÉRMICO.....	15
3.4.1	Absortância	16
3.4.2	Refletância.....	16
3.4.3	Calor específico e condutividade térmica	17
3.5.	A INFLUÊNCIA DAS TINTAS NO DESEMPENHO TÉRMICO.....	17
4	MATERIAIS E METODOS.....	19
4.1.	ENSAIO EXPERIMENTAL	19
4.2.	ANÁLISE SOLAR	20
4.3.	EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE DADOS	21
4.4.	MANTA LÍQUIDA IMPERMEABILIZANTE	22
4.5.	SISTEMA DE COLETA.....	24
5	PROTÓTIPOS	25
5.1.	ANÁLISE SOLAR	25
5.2.	CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS	26
6	ANÁLISE DOS DADOS DE TEMPERATURA.....	30
7	CONCLUSÕES.....	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Em 1896, após Svante Arrhenius usar o conceito proposto por Fourier anteriormente, que o planeta funciona como uma grande estufa, ele chegou à conclusão de que a temperatura se eleva proporcionalmente à quantidade de Dióxido de Carbono (CO_2) emitida para atmosfera. Com o passar dos anos, o crescimento populacional desordenado, a busca pelo desenvolvimento econômico e adoção de combustíveis fósseis, ocasionaram o aumento na produção e emissão de gases do efeito estufa, dentre eles o CO_2 , que funcionam como uma barreira na atmosfera, dificultando a dissipação do calor de volta para o espaço (Arrhenius, 1896).

Segundo relatório publicado em 2023 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura da superfície global em 2020 estaria atingindo $1,1^\circ\text{C}$ acima do ano de 1900, tendo como principal responsável as contínuas emissões de gases do efeito estufa, que levará ao aumento do aquecimento global, atingindo a marca de $1,5^\circ\text{C}$ em um curto período.

Com o aumento da temperatura global, torna-se necessário medidas que combatam esse fenômeno a longo prazo e mitiguem os prejuízos decorrente do aumento da temperatura. Porém, a curto prazo, são necessárias intervenções para reduzir a sensação térmica nas residências, tendo em vista que é onde o indivíduo passa grande parte do seu tempo, com isso, é desenvolvido materiais e técnicas capazes de melhorar o conforto térmico.

A capacidade do ambiente de proporcionar condições agradáveis para o usuário com o menor consumo de energia é denominado eficiência energética, sendo o conforto térmico um dos principais aspectos a serem considerados (Lambert; Dutra; Pereira, 1997). O desempenho térmico de uma estrutura depende de diversos fatores, dentre eles, as condições climáticas locais e os componentes empregados na construção, tendo em vista que o tipo de cobertura e acabamento externo da edificação podem influenciar diretamente no conforto térmico do ocupante.

A impermeabilização é uma técnica comum na engenharia civil, porém, pouco explorada para reduzir a sensação térmica dos ambientes em regiões com temperaturas elevadas. A cobertura é a parte da estrutura mais exposta à irradiação solar, ou seja, onde há uma maior troca de calor; cerca de 80% do calor presente no ambiente é transmitido através da cobertura (ABNT, 2013).

Com a finalidade de proteger estruturas contra a infiltração da água e, consequentemente, evitar o aparecimento de diversas patologias proveniente da umidade excessiva, a impermeabilização também pode influenciar significativamente o comportamento

térmico do ambiente, tendo em vista um cenário onde a eficiência energética e conforto térmico são imprescindíveis, a busca por materiais que tenham características de isolamento térmico se torna cada vez mais essencial.

Alguns aspectos, como o aumento da temperatura, a utilização consciente e sustentável da energia elétrica, e a necessidade de reduzir o consumo, afim de economizar, provocam o desenvolvimento de novos materiais que se adaptam às condições atuais, buscando proporcionar maior conforto térmico e consequentemente melhor qualidade de vida. Os materiais elastoméricos de cores frias possuem maiores valores de refletância solar e menores valores de emitância, com isso, teria menor transferência de calor para o interior do ambiente, bem como a superfície do material aplicado também sofreria uma redução de temperatura Ikematsu (2007).

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O principal objetivo desse trabalho foi analisar a influência da temperatura interna e externa na aplicação da manta líquida impermeabilizante em um protótipo de construção.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Assegurar que a sombra de um protótipo não interfira na temperatura do outro;
- Medir e registrar a temperatura interna e superficial de cada protótipo;
- Analisar a variação térmica entre os protótipos.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1. EFEITO ESTUFA E EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O efeito estufa é um processo natural, no qual a superfície terrestre recebe energia através da radiação solar e reflete cerca de 30% para espaço em forma de radiação infravermelha, cerca de 17% do valor refletido é absorvido por gases do efeito estufa, tendo como principais: o Dióxido de Carbono (CO₂) e o Metano (CH₄). Esse processo é essencial para vida humana, tendo em vista que a temperatura superficial global seria em média 18°C negativo, impossibilitando a existência humana. Porém, a busca por desenvolvimento econômico, colocando o aspecto ambiental em segundo plano, eleva a quantidade de gases do efeito estufa emitida para a atmosfera (Molion, 1995).

De acordo com o Sistema de Estimativa de Emissão e Remoção de Gases do Efeito Estufa (SEEG), em 2022, o último registro publicado no site oficial, o Brasil emitiu cerca de 2,32 toneladas de CO₂, tendo um aumento de 0,13 toneladas em relação a 2020. Tendo em vista, que a temperatura é diretamente proporcional à quantidade de gases do efeito estufa presente na atmosfera, com a liberação descontrolado desses gases para atmosfera se eleva também a temperatura.

3.2. TRANSFERÊNCIA DE CALOR

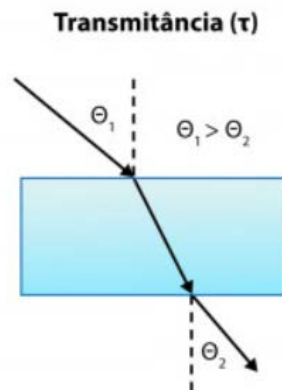
Define-se transferência de calor como a troca de energia entre ambientes com diferentes temperaturas, buscando o equilíbrio térmico, onde a região de maior energia transfere calor para a de menor energia (Costa, 1991). Esse processo pode ocorrer de três formas: condução, que é a troca de calor entre materiais sólidos devido à diferença de temperatura; convecção, que envolve a transferência de calor a partir do movimento das partículas de fluídos, como os líquidos e os gases; e a radiação térmica, que é a transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas (Freire, 2011).

A transmitância térmica representa o desempenho térmico de um edifício. Esta define-se como:

O fluxo de calor que, na unidade de tempo e por unidade de área, passa através do componente, para uma diferença unitária entre as temperaturas do ar em contato com cada uma das faces desse mesmo componente (Roriz, 2008, p. 13).

Portanto, um material com maior transmitância térmica, há uma transferência de calor mais rápida entre as faces, como representado na Figura 1.

Figura 1 - Representação da transmitância



Fonte: Alves (2022).

A radiação é a forma como o sol transfere energia para o sistema terra-atmosfera, na qual atinge as edificações, ocasionando o aumento da temperatura nas partes expostas. A troca de calor entre as faces dos materiais sólidos (paredes e telhados) expostos à radiação solar depende da condutividade do material e da espessura.

3.3. CONFORTO TÉRMICO

Define-se o conforto térmico como a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico que se encontra (Santos e Andrade, 2008), apresentando os seus principais aspectos relacionados à sensação térmica, fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa) e vestimenta do indivíduo (Barradas, 1991).

Quando presente em ambientes termicamente desconfortáveis, ser humano tem respostas fisiológicas, como tontura, perda de apetite e aumento na produção de suor. Para uma parte da população, o desconforto térmico significa perda de qualidade de vida, reduzindo produção e satisfação do usuário; enquanto para outra parte, conduzem à aquisição do condicionamento térmico das estruturas, dessa forma, elevando o consumo residencial de energia (Lambert *et al.* 1997).

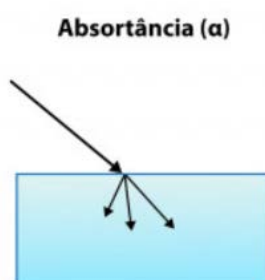
3.4. INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS NO DESEMPENHO TÉRMICO

Os materiais têm características termo físicas que interferem diretamente na troca de calor com o ambiente, as propriedades mais significativas que visam reduzir a temperatura de uma estrutura são: a absorvância, a refletância, a condutividade térmica e o calor específico.

3.4.1 Absortância

Conforme a NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: definições, símbolos e unidades (ABNT, 2005), define-se a absortância como o coeficiente de absorção à radiação de uma superfície, ou seja, é a fração absorvida por a superfície, sobre o valor incidente (Figura 2).

Figura 2 - Representação absortância



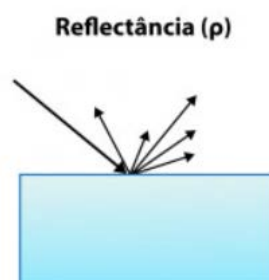
Fonte: Alves (2022).

Para cobertura de espessura reduzida, como as telhas, os efeitos são mais significativos; outro aspecto extremamente importante quando se trata desse efeito é a rugosidade do material. Em um estudo realizado por Dornelles e Roriz (2007), mediram a rugosidade e absortância de dez amostras de superfície pintadas com a mesma tinta branca; eles concluíram que o acréscimo de 1 milímetro na rugosidade resultava um acréscimo de 23% na absortância.

3.4.2 Refletância

Conforme a NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: definições, símbolos e unidades (ABNT, 2005), define-se refletância solar como a taxa do quanto a superfície está refletindo, sobre o valor total que incide. Quando maior a refletância de uma superfície, menor a quantidade de calor absorvida, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Representação reflectância



Fonte: Alves (2022).

Materiais com altas refletâncias tendem a reduzir a temperatura superficial e a quantidade de calor transferida para fase interna a exposição; esse comportamento depende de dois fatores: a refletância especular, que é a parcela refletida em um mesmo ângulo, e a refletância difusa, que é o fato de refletir a radiação em diferentes ângulos, devido a rugosidade da superfície. (Dornelles *et al.* 2011)

Todo material tem um percentual de reflectância, pois trata-se de uma propriedade extremamente importante, independente da espessura da superfície, quando o intuito é reduzir a quantidade de calor transferida entre as faces de uma estrutura, a refletância é um dos aspectos a serem alterados, podendo utilizar tintas reflexivas na parte exposta à radiação. Porém, de acordo com Ikematsu (2007), com o passar do tempo, a superfície reduz a capacidade de refletância, aumentando a troca de calor, dessa forma, torna-se necessária manutenções periódicas para reestabelecer suas propriedades.

3.4.3 Calor específico e condutividade térmica

O calor específico é definido por a quantidade de calor aplicada para que a temperatura de um grama do material eleve-se em 1°C, ou seja, quanto maior o calor específico, mais fácil para aquecer ou resfriar o material (Pereira *et al.* 2019).

No entanto, no que tange a condutividade térmica, esta é dada pela a quantidade de calor que passa através de uma espessura de um metro do material, com uma diferença térmica de 1°C entre suas faces, em uma área de um metro quadrado. É um parâmetro que descreve a capacidade do material conduzir o calor. A condutividade térmica é influenciada por algumas propriedades do material: a densidade, a geometria e a rugosidade (Rodrigues, 1998).

3.5. A INFLUÊNCIA DAS TINTAS NO DESEMPENHO TÉRMICO

As tintas reflexivas trazem, em sua composição, resina e pigmentos que possibilitam o aumento do coeficiente de refletância, ou seja, uma maior parte do calor é refletida, reduzindo a transferência de calor entre o meio ambiente e a estrutura (Ikematsu, 2007). Portanto, conclui-se que elas podem melhorar de forma significativa a sensação térmica do indivíduo.

De acordo com estudos realizados por Dornelles *et al.* (2011), em que utilizaram tintas brancas com microesferas cerâmicas, a fim de observar o desempenho térmico, os autores observaram que as tintas brancas de alta reflectância tem o potencial de melhorar a temperatura interna e reduzir o consumo de energia, e destacam que a característica do material em melhorar

o conforto térmico não se dá pela composição da microesfera cerâmicas e sim pela alta refletância presente nas tintas de cores claras.

Em outro ensaio realizado por Souza (2018), que comparou a refletância solar de tintas com pigmentação fria (possuem alta refletância) e tintas comum nas cores cinza claro e escuro, observou-se que as tintas de pigmentação fria mesmo nas cores escuras são adequadas para a aplicação em coberturas com telhas, pois apresentaram alta capacidade de reflexão quando comparado com as tintas comumente utilizadas. (Souza, 2018).

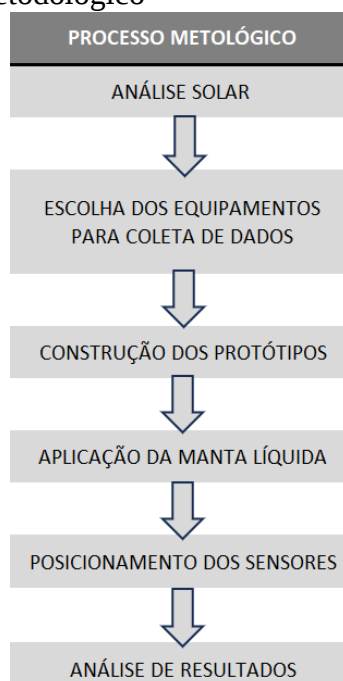
4 MATERIAIS E METODOS

Nesse projeto foi utilizado a pesquisa experimental para condução do trabalho, que consiste na manipulação de variáveis relacionadas com o objeto de estudo e tem como finalidade o teste de hipóteses (Gerhardt; Silveira, 2009). Para essa pesquisa experimental foram construídos dois protótipos em bloco cerâmico e cobertura em concreto, com as mesmas dimensões, expostas à irradiação solar equivalente: um dos protótipos com a aplicação da manta líquida impermeável e outro sem aplicação de impermeabilizante. Os protótipos são estruturas de pequeno porte que simulam características de construções reais, tendo como finalidade exclusiva o uso experimental. A temperatura foi captada com o auxílio dos termômetros (GM320 e GM1312), para monitoramento da temperatura superficial e interna, respectivamente.

4.1. ENSAIO EXPERIMENTAL

Para o ensaio experimental, foram realizadas as seguintes etapas: estudo solar, para que não houvesse sobreposição em relação a exposição solar; escolha dos equipamentos para o registro das temperaturas; construção dos protótipos; aplicação da manta líquida; posicionamento dos sensores; e análise dos resultados, como mostra a Figura 4. Vale salientar que todas as etapas serão discutidas ao decorrer do trabalho.

Figura 4 - Etapas do Processo Metodológico

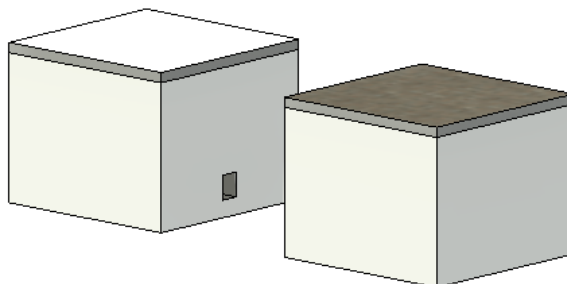


Fonte: Autoria própria (2024).

4.2. ANÁLISE SOLAR

Inicialmente, foram desenvolvidos os protótipos com a utilização do Revit (Figura 5); com isso, foi possível realizar uma análise da posição solar em relação aos protótipos, para evitar que a projeção da sombra tivesse interferência na temperatura das estruturas.

Figura 5 - Protótipos



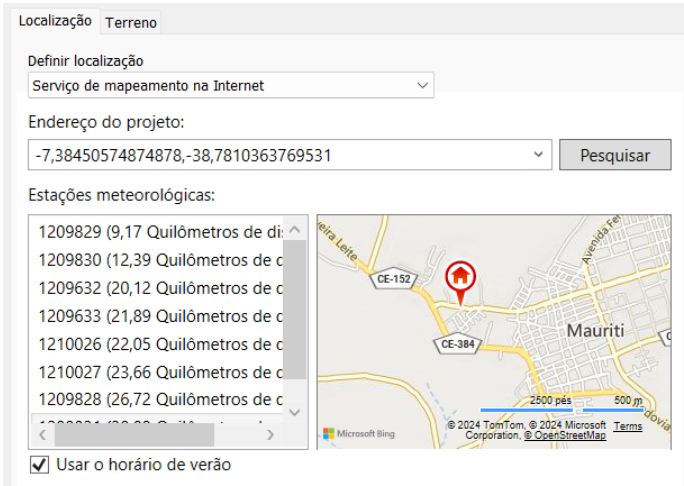
Fonte: Autoria própria (2024).

Para o estudo do comportamento solar, foram necessárias algumas informações como período de coleta, quais os horários e a localização aproximada onde foram construídas as estruturas. Com isso, utilizando o Revit, foi possível entender a movimentação e projeção solar sobre os protótipos. Os dados necessários são mostrados na Figura 6.

Figura 6 - Dados Para Análise Solar no Revit

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 7 - Localização Aproximada da Construção dos Protótipos



Fonte: Autoria própria (2024).

Na Figura 7 pode-se observar a localização aproximada da construção dos protótipos. Após inserir todos os dados necessários (Figura 6), foi possível analisar a posição solar em relação a todos os horários de coleta de dados: 12:00h, 12h:30min, 13:00h, 13h:30min. As estruturas foram construídas a uma distância de 65 centímetros entre elas, com essa distância, foi possível registrar as duas temperaturas no mesmo instante sem que houvesse interferência em relação a projeção da sombra.

4.3. EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Para o monitoramento das temperaturas, foram utilizados dois equipamentos (Figura 8): GM 320, para registrar a temperatura superficial, e GM1312, com dois sensores tipo k, para registrar as temperaturas internas de forma simultânea.

Figura 8 - Equipamentos para Registro de Dados

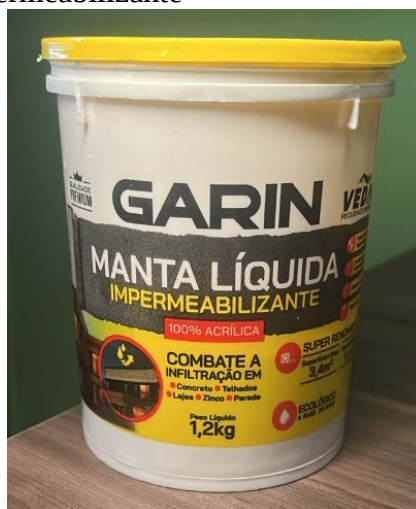


Fonte: Acervo pessoal (2024).

4.4. MANTA LÍQUIDA IMPERMEABILIZANTE

Para analisar a influência térmica de um material impermeabilizante, que tem como proposta a redução da temperatura, foi utilizado a manta líquida impermeabilizante, como mostrado na Figura 9.

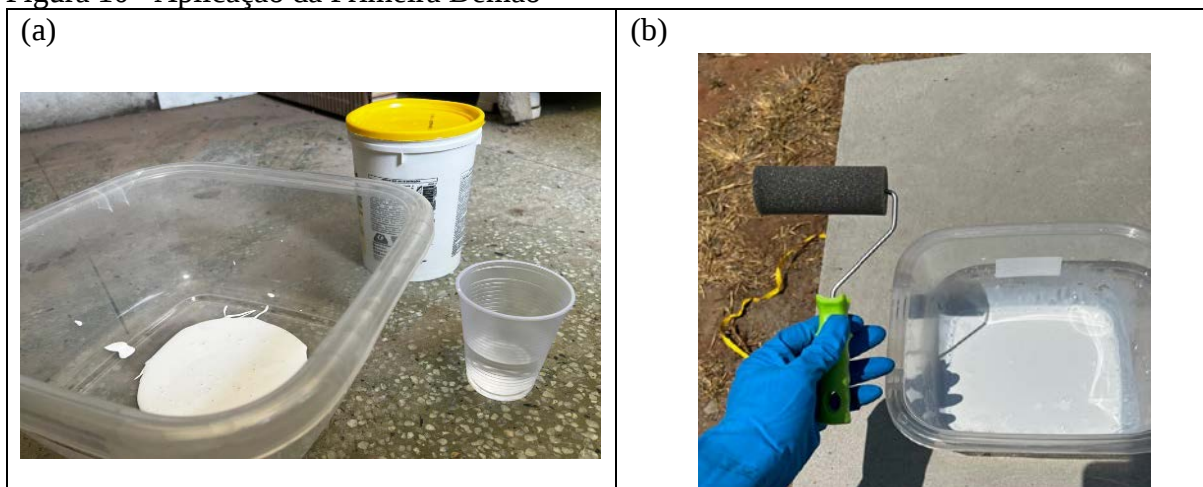
Figura 9 - Manta Líquida Impermeabilizante



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Para a aplicação da manta líquida, foi seguida as indicações do fabricante presentes no rótulo do produto, no qual informa: para superfícies porosas, a primeira demão deve ser diluída em água na proporção de 1:1. Então, foi diluída 80 ml do material em 80 ml de água, utilizado um rolo de espuma para aplicação (Figura 10).

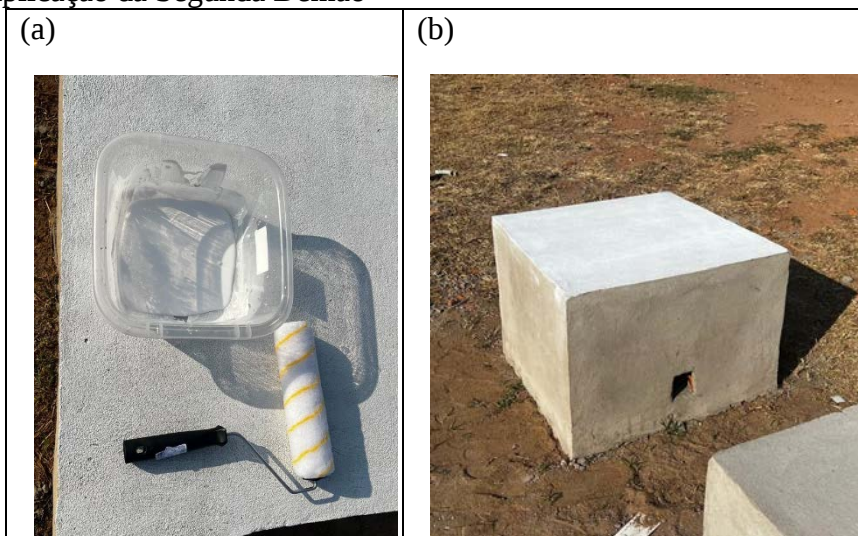
Figura 10 - Aplicação da Primeira Demão



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Com a mistura da manta líquida e água, obteve-se uma solução fina. Essa primeira camada teve finalidade de adentrar os poros da superfície, melhorando a superfície para as próximas demãos. De acordo com o fabricante, a partir da segunda demão, a manta líquida deve ser aplicada diretamente na estrutura sem nenhuma mistura e, para as demais aplicações, foi utilizado um rolo de lã de carneiro (Figura 11).

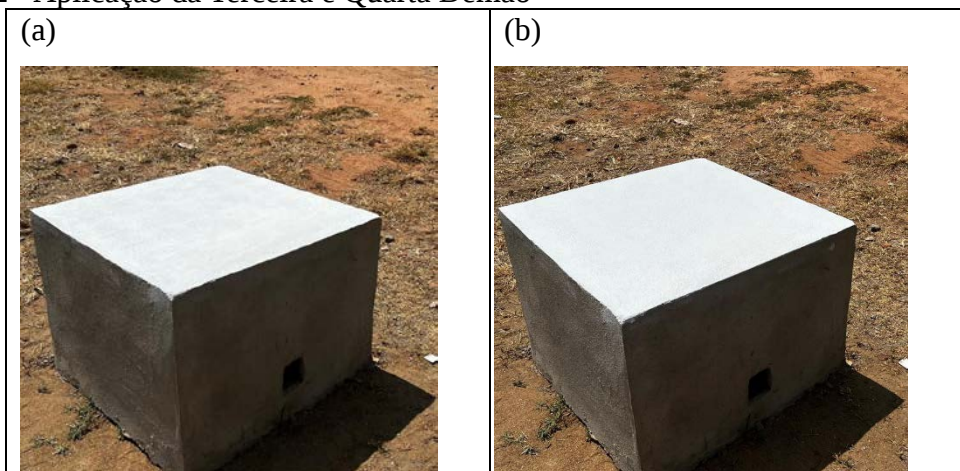
Figura 11 - Aplicação da Segunda Demão



Fonte: Acervo pessoal (2024).

A partir da segunda demão, as demais aplicações ocorreram da mesma forma, utilizando o rolo de lã de carneiro e o material com aplicação direta na superfície, como recomendado pelo fabricante. No processo completo, fora utilizado um total de 4 demãos, em um intervalo de 2 horas entre as aplicações (Figura 12).

Figura 12 - Aplicação da Terceira e Quarta Demão



Fonte: Acervo pessoal (2024).

4.5. SISTEMA DE COLETA

Foram coletadas as temperaturas durante 15 dias, quatro vezes ao dia, nos seguintes horários: 12:00h, 12h:30min, 13:00h, 13h:30min. Para o sistema de coleta, foi fixado uma porca de 5mm na parte superior da abertura das células, em seguida, foi medido aproximadamente 20cm de cada sensor para ser inserido em uma posição similar (Figura 13).

Figura 13 - Forma de coleta para temperatura interna



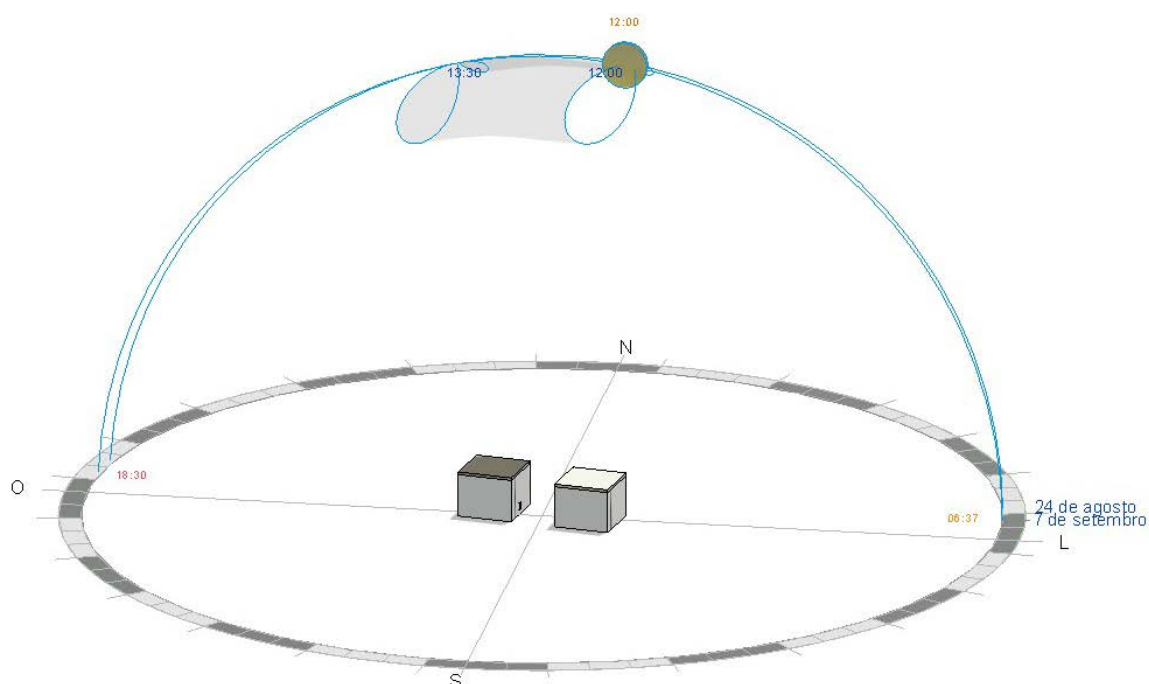
Fonte: Acervo pessoal (2024).

5 PROTÓTIPOS

5.1. ANÁLISE SOLAR

Após os dados inseridos no Revit: localização, período e horários de coleta, foi possível verificar o comportamento solar sobre os protótipos, permitindo, dessa forma, analisar a posição do sol em cada horário de coleta (Figura 14). No período de 15 dias, não há alterações significantes no posicionamento solar, com isso, não foi necessário analisar todos os dias.

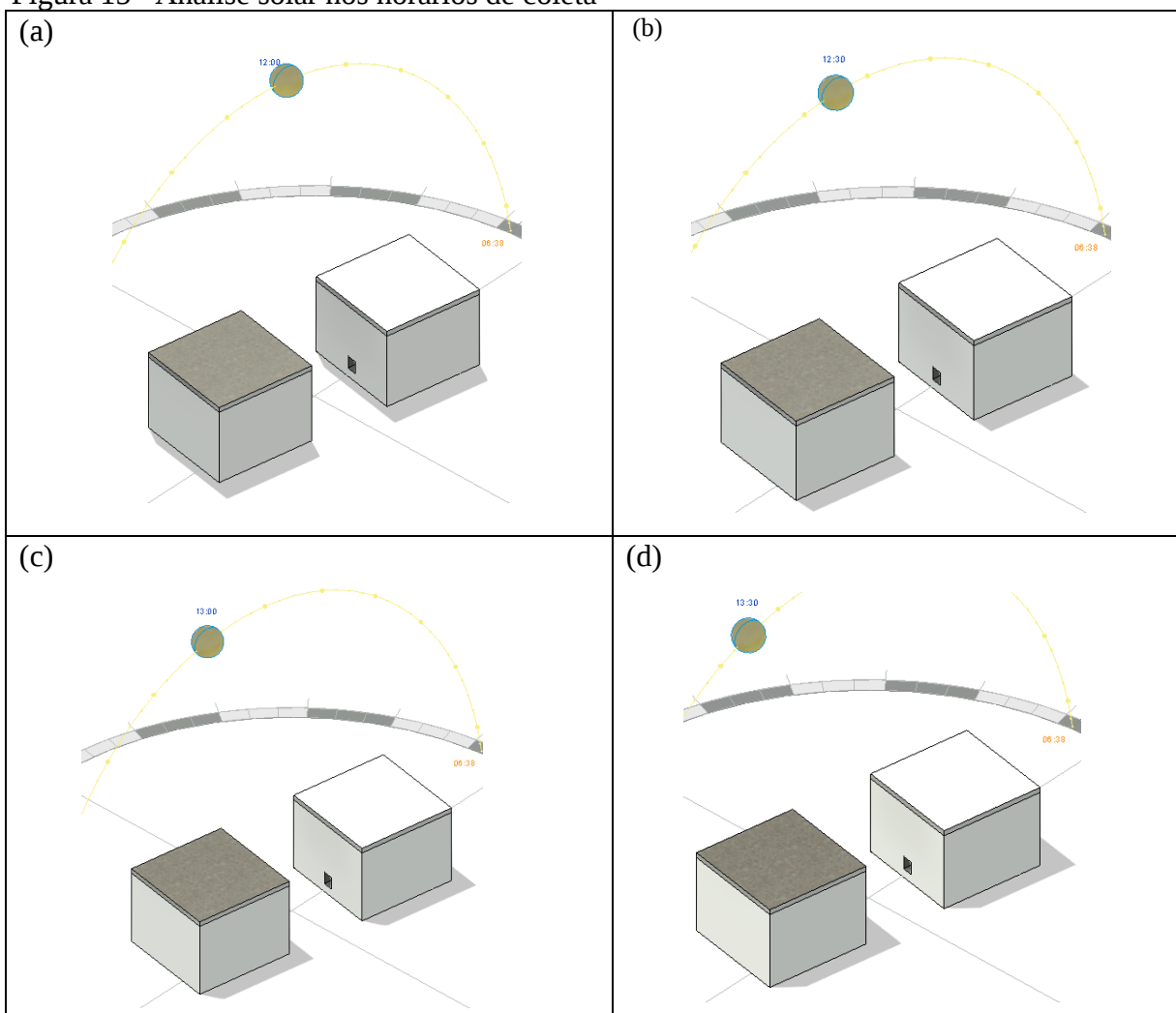
Figura 14 - Resultado da análise solar



Fonte: Autoria própria (2024).

Observado os resultados da análise solar, foi possível concluir que os protótipos construídos a uma distância de 65cm entre si, nos horários de coleta não apresentaram interferência na projeção da sombra entre as estruturas, como representado na Figura 15.

Figura 15 - Análise solar nos horários de coleta

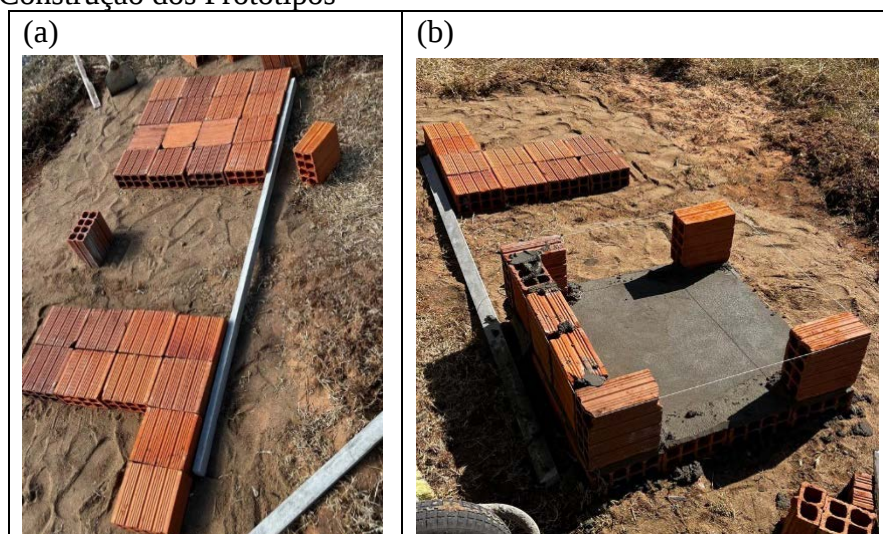


Fonte: Autoria própria (2024).

5.2. CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os protótipos foram construídos a uma distância de 65 cm entre si, com dimensões de 80x80x60 cm. A espessura da laje foi de 6 cm, utilizando 4 cm de concreto e 2 cm de argamassa, como acabamento para redução da porosidade. Inicialmente, foi construída uma fundação radier de 11 centímetros com a utilização de blocos cerâmicos e argamassa, como representado na Figura 16.

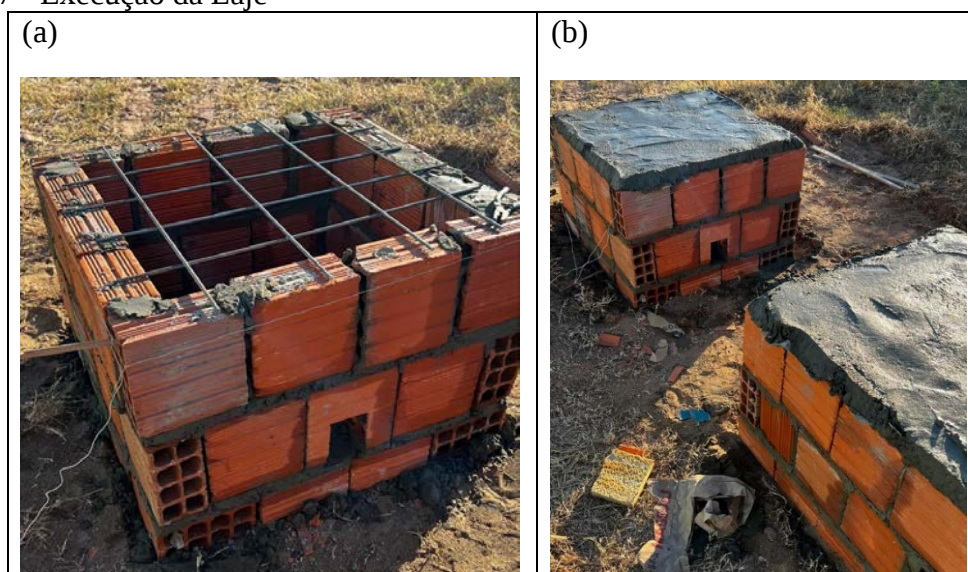
Figura 16 - Construção dos Protótipos



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Para o processo de execução da laje, foi analisado qual material poderia ser utilizado como suporte para aplicação do concreto, com menor influência possível na temperatura interna, já que não teria como ser feito a retirada da forma. Dessa forma, como o madeirite tem características isolantes relacionadas à temperatura (Jaeger, 2013), a solução encontrada foi a utilização do papel kraft, que é um material utilizado para o armazenamento do cimento. Por fim, para o processo de concretagem, inicialmente de 4 cm, foram utilizadas oito barras de 5 mm, cada uma medindo 75 cm (Figura 17).

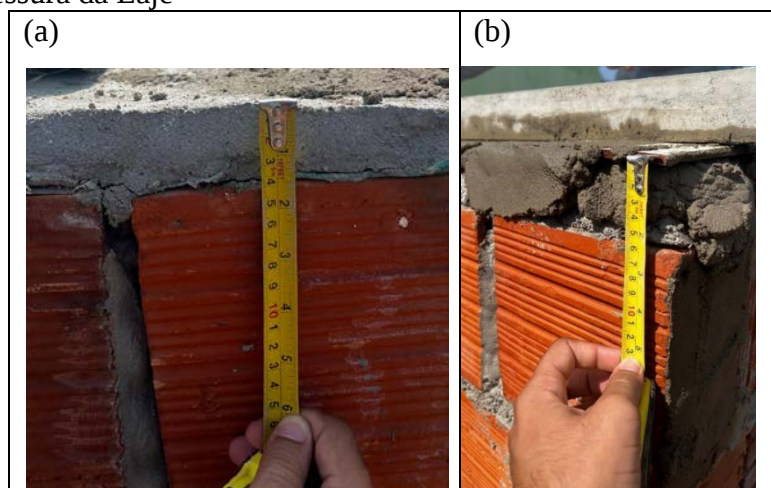
Figura 17 - Execução da Laje



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Após 3 dias de cura, foi feita o acabamento da alvenaria e uma camada de 2 cm de acabamento para laje, finalizando a cobertura com uma camada de 6 cm (Figura 18), a fim de facilitar a aplicação e atuação da manta líquida sobre a superfície.

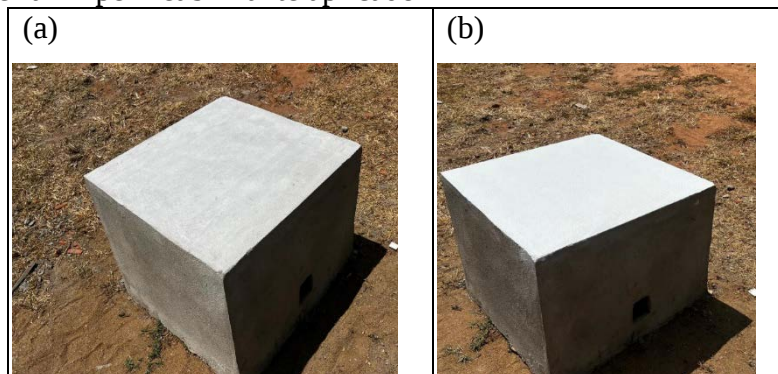
Figura 18 - Espessura da Laje



Fonte: Acervo pessoal (2024).

A primeira demão foi aplicada em uma proporção 1:1 de água e material impermeabilizante (Figura 19-a), dessa forma, o fabricante garante que a solução infiltre nos poros do concreto, elevando a eficiência do material para vedação e uniformidade para as próximas camadas. Na Figura 19-b, mostra o protótipo com a quarta aplicação finalizada, tendo uma superfície mais uniformar, com isso diminuindo o grau de porosidade da laje, e consequentemente reduzindo a absorvência. De acordo com Dornelles e Roriz (2007), a laje apresenta irregularidade considerável em sua superfície, onde uma parte dos raios refletidos atingem outra parte da estrutura, elevando a transferência de calor entre faces.

Figura 19 - Material impermeabilizante aplicado

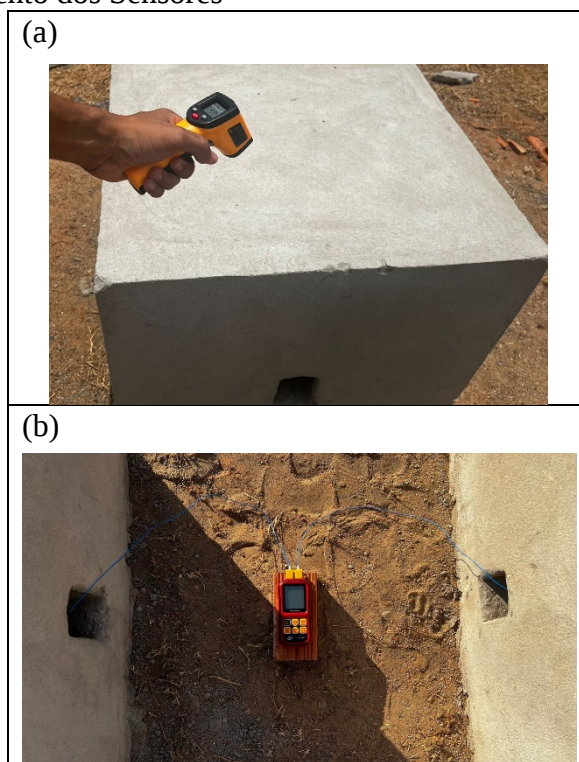


Fonte: Autoria própria (2024).

Para a coleta da temperatura superficial (Figura 20-a), foi utilizado o termômetro infravermelho GM320, que funciona detectando a radiação infravermelha emitida pelos objetos e convertendo essa energia em uma leitura de temperatura. A coleta ocorreu de forma individual, captando a temperatura de um protótipo e em seguida do outro. Não foi necessário demarcar uma região específica, tendo em vista que em todos os pontos da superfície tinham temperaturas aproximadamente iguais.

Para a coleta da temperatura interna, foi utilizado o termômetro GM1312, que acomoda duas entradas para os sensores (tipo k), onde foram inseridos diretamente no ambiente, permitindo a coleta das temperaturas de forma simultânea (Figura 20-b).

Figura 20 - Posicionamento dos Sensores



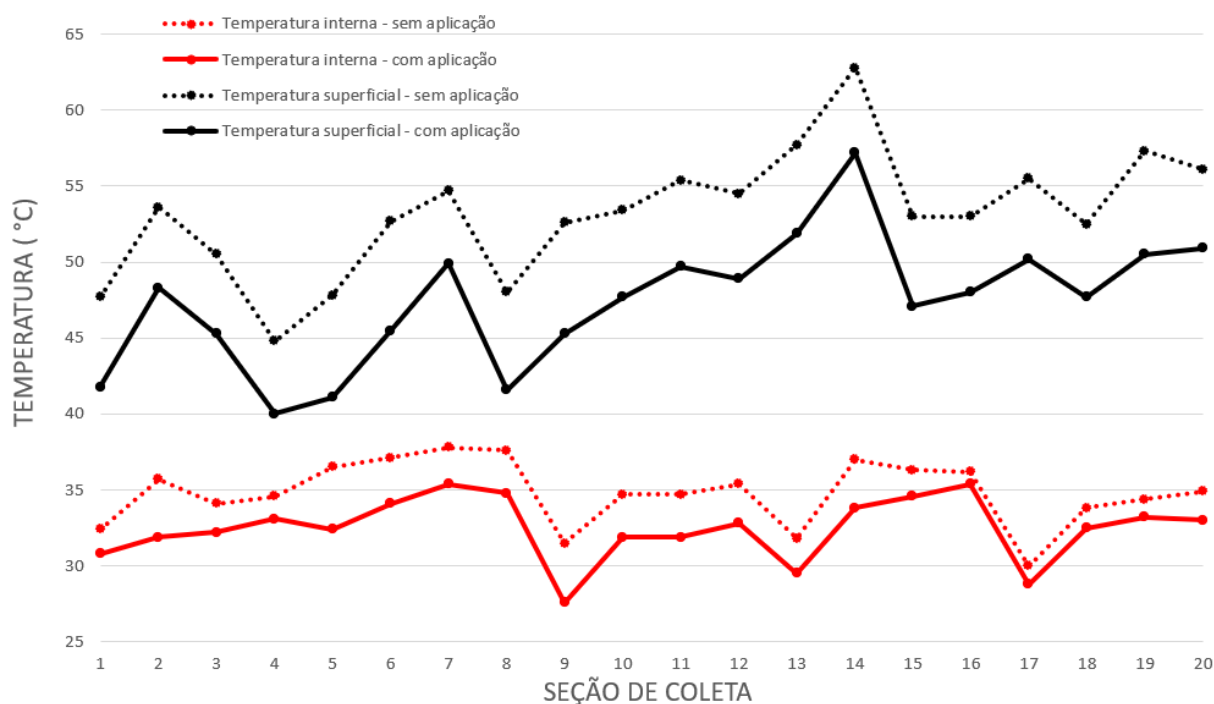
Fonte: Autor (2024).

6 ANÁLISE DOS DADOS DE TEMPERATURA

Esse estudo verificou a influência da manta líquida na redução da temperatura. A coleta de dados teve início no dia 24/08, com a última coleta no dia 07/09, um total de 60 seções de coleta, ou seja, cada célula teve ao todo 120 temperaturas registradas, entre interna e superficial. Para facilitar a leitura dos gráficos, os dados coletados, foram divididos em três períodos: primeiro período de 24/08 a 28/08; segundo período de 29/08 a 02/09; e terceiro período de 03/08 a 07/09.

Durante a primeira etapa da coleta de dados (Figura 21), correspondente aos primeiros cinco dias, a temperatura interna máxima registrada no protótipo sem aplicação da manta líquida foi de 37,8°C, enquanto o protótipo com aplicação da manta, registrou 35,4°C como temperatura máxima, uma variação de 2,4°C entre os protótipos. Ambas as temperaturas foram registradas no horário de 13h:00 do dia 25/08. A temperatura superficial máxima registrada no protótipo sem aplicação foi de 62,8°C, enquanto o protótipo com aplicação, registrou 57,2°C como temperatura máxima, uma variação de 5,6°C entre protótipos. Ambas as temperaturas foram registradas no horário de 12h:30min do dia 27/08. Nesse primeiro período, houve uma variação média da temperatura interna de 2,34°C, e uma variação média superficial de 5,75°C.

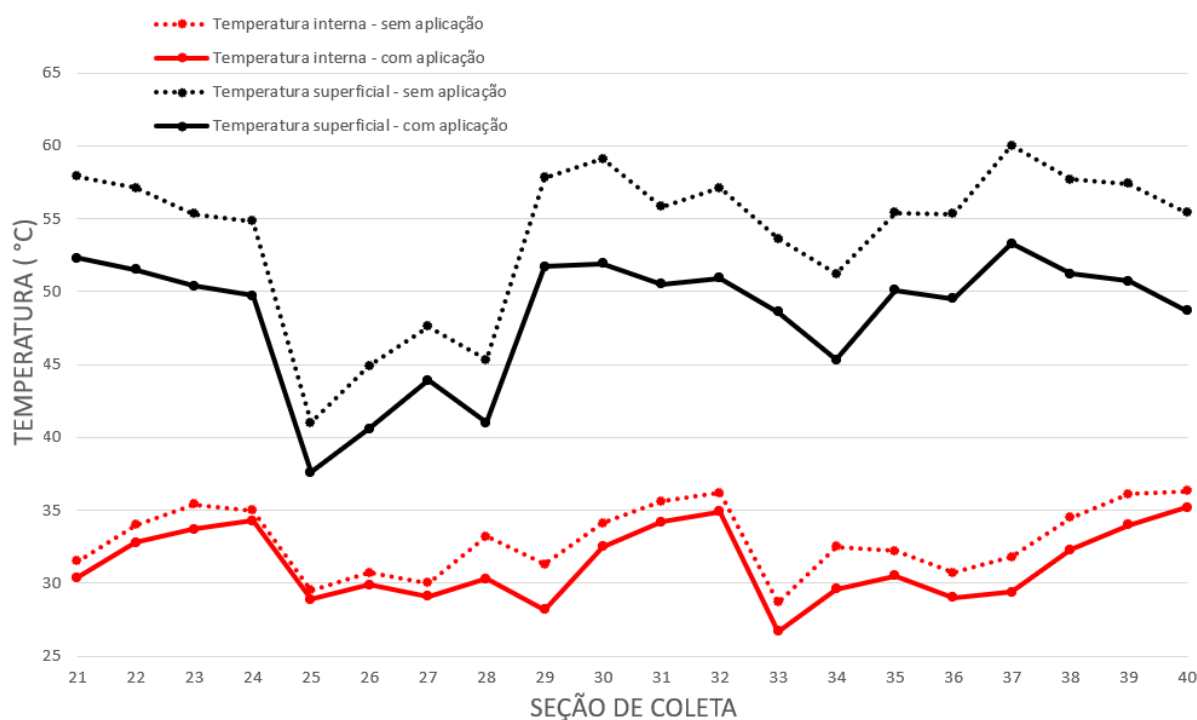
Figura 21 - Temperaturas Registradas nos Protótipos: primeiro período



Fonte: Autoria própria (2024).

Durante a segunda etapa da coleta de dados (Figura 22), correspondente ao intervalo do dia 29/08 a 02/09, a temperatura interna máxima registrada no protótipo sem aplicação da manta líquida foi de 36,3°C, enquanto o protótipo com aplicação da manta, registrou 35,2°C como temperatura máxima, uma variação de 1,1°C entre os protótipos. Ambas as temperaturas foram registradas no horário de 13h:30min do dia 02/09. A temperatura superficial máxima registrada no protótipo sem aplicação foi de 60°C, enquanto o protótipo com aplicação, registrou 53,3°C como temperatura máxima, uma variação de 5,6°C entre protótipos. Ambas as temperaturas foram registradas no horário de 12h:00 do dia 02/09. Nesse segundo período houve uma variação média da temperatura interna de 1,67°C, e uma variação média superficial de 5,51°C.

Figura 22 - Temperaturas Registradas nos Protótipos: segundo período

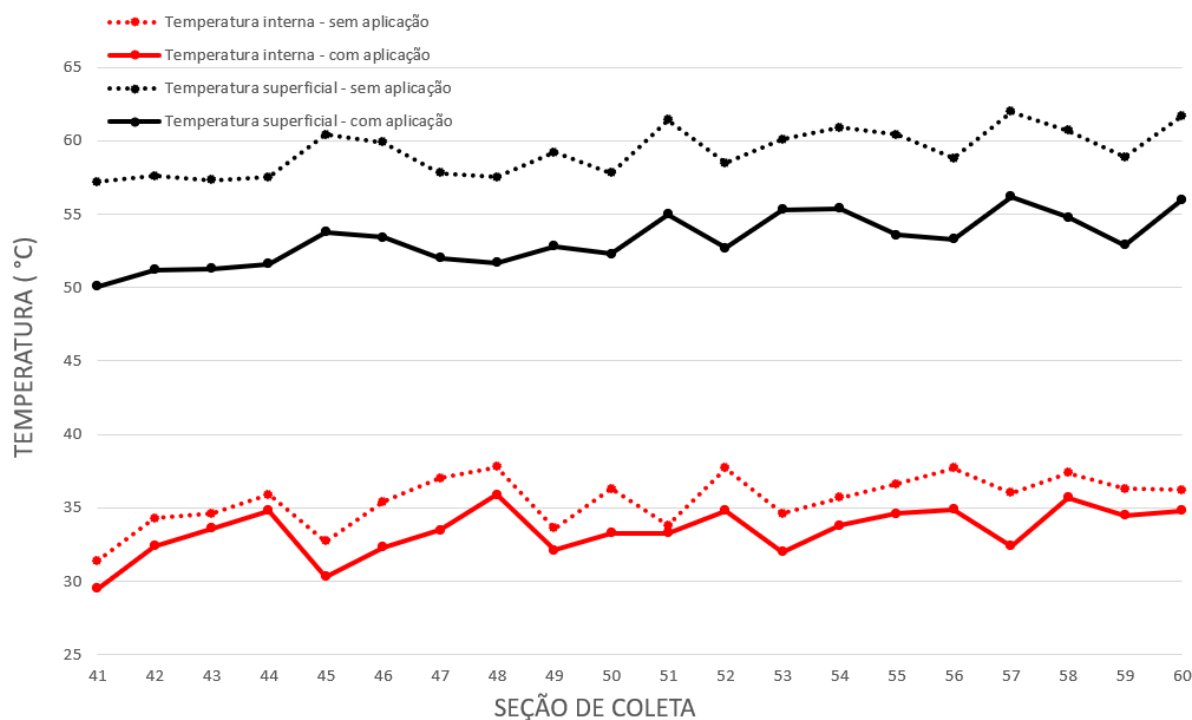


Fonte: Autoria própria (2024).

Durante a terceira etapa da coleta de dados (Figura 23), correspondente ao intervalo do dia 03/09 a 07/09, no dia 04/09, a temperatura interna máxima registrada no protótipo sem aplicação da manta líquida foi de 37,8°C, enquanto o protótipo com aplicação da manta, registrou 35,9°C como temperatura máxima, uma variação de 1,9°C entre os protótipos. Ambas as temperaturas foram registradas no horário de 13h:30min do dia 04/09. A temperatura superficial máxima registrada no protótipo sem aplicação foi de 62°C, enquanto o protótipo com aplicação, registrou 56,2°C como temperatura máxima, uma variação de 5,8°C entre protótipos. Ambas as temperaturas foram registradas no horário de 12h:00 do dia 07/09. Nesse

terceiro período, houve uma variação média da temperatura interna de 2,12°C, e uma variação média superficial de 6,01°C.

Figura 23 - Temperaturas Registradas nos Protótipos: terceiro período



Fonte: Autoria própria (2024).

De forma geral, a temperatura interna do protótipo com aplicação da manta líquida impermeável reduziu em média 1,9°C quando comparado com o protótipo sem aplicação em sua cobertura. A maior variação interna registra foi às 12h:00 do dia 25/08, chegando a uma diferença de 4,1°C a menos para o protótipo com aplicação. Enquanto para a temperatura superficial, houve uma redução média de 5,8°C, com a maior variação registra às 12h:00 do dia 26/08, atingindo uma redução de 7,3°C a menos para o protótipo com aplicação. A temperatura superficial alcança valores maiores quando comparado à temperatura interna, por estar exposta à irradiação solar, a camada da laje, mesmo sem aplicação, reduz a transferência de calor entre faces, isso ocorre devido ao material e a espessura da camada. Entre os protótipos há uma maior variação na temperatura superficial em relação a interna, por alcançar temperaturas maiores e pela característica da manta líquida impermeabilizante, em aumentar a refletância da superfície, na Figura 3, mostra como ocorre esse processo.

Pereira *et al.* (2019), em um estudo comparativo utilizando telha de fibrocimento como cobertura em três célula-teste: aplicação da tinta reflexiva branca (CT-1), aplicação da tinta PVA de cor branca (CT-2) e outra sem nenhuma aplicação (CT-3). No período da tarde, de 12h:00 às 18h:00, as células com aplicação de tintas brancas tiveram uma variação máxima de 3°C em relação à célula sem aplicação de tinta. A tinta branca látex que contém acetato de polivinila (PVA), atingiu uma temperatura de 0,37°C menor quando comparado com a tinta branca reflexiva. A variação máxima registrada nesta pesquisa foi de 4,1°C, 1,1°C a mais quando comparado com o trabalho citado, essa diferença se dá pelas características dos materiais utilizados na cobertura e pelas condições climáticas das regiões.

Um estudo, realizado por Dornelles *et al.* (2011), foi possível observar que a tinta branca com maior refletância, tem maior eficiência na redução térmica. Com isso pode-se entender o comportamento da manta líquida impermeabilizante, tendo em vista essa característica do material de aumentar a refletância da superfície aplicada, consequentemente reduzindo a temperatura interna e superficial.

Em outro estudo, realizado por Cristina (2022), onde houve a aplicação de tinta térmica em imóveis de cunho social, para verificar o desempenho térmico dessa tinta. Foi possível verificar uma redução significativa no período da tarde, a variação entre temperatura interna e externa antes da aplicação era em média 1,4°C, após a aplicação da tinta térmica essa variação entre a temperatura interna da residência e a temperatura externa, aumentou para 4,5°C, ou seja, reduzindo absorção e consequentemente melhorando o conforto térmico. Esse trabalho proporciona uma visão do comportamento na aplicação em uma estrutura real, mostrando redução significativa na temperatura.

7 CONCLUSÕES

Este estudo analisou se a manta líquida branca impermeável afeta o comportamento térmico interna e superficial de um protótipo construído com alvenarias de bloco cerâmico e laje de concreto.

As temperaturas coletadas mostram que a aplicação da manta líquida proporcionou uma redução significativa nas temperaturas. Em média, houve uma diminuição de 1,9°C na temperatura interna e de 5,7°C na superfície da estrutura com a aplicação da manta. Estes valores indicam que a manta líquida melhorou o conforto térmico interno e reduziu a absorção de calor na superfície externa da laje.

Os resultados mostram a viabilidade da utilização de impermeabilizantes que tenham características que contribuam para o isolamento térmico, melhorando a eficiência térmica e economia de energia, especialmente em regiões de clima quente. Assim, o uso desse material pode contribuir para se ter construções mais sustentáveis e para o aumento do conforto térmico aos usuários.

Para estudos futuros, sugere-se analisar a alteração da temperatura em diferentes estações do ano e a utilização de outros tipos de materiais, isso poderá permitir verificar o impacto de diferentes soluções de isolamento térmico em diversas condições climáticas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 15220 – **Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5660736/mod_folder/content/0/NBR%2015220/NBR15220-1.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 08 jul. 2024.
- ABNT. NBR 15575-5: **edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 5: requisitos para sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5660736/mod_folder/content/0/NBR%2015575/NBR15575-5.pdf. Acesso em: 13 jun. 2024.
- BARRADAS, V. L. **Air temperature and humidity and human confort index of some city parks of México City**. International Journal of Biometeorology, v. 35, n. 1, p. 24-28, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01040959>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- COSTA, E. C. Capítulo 6: transmissão de calor. In: COSTA, E. C. Física aplicada à construção: conforto térmico, 4ª edição, 1991.
- DORNELLES, Kelen, CARAM Rosana, SICHIERI Eualva. **Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo**, XII; Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, Brasília 2013. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002781308>. Acesso em: 12 set. 2024.
- DORNELLES, Kelen, RORIZ, Mauricio, RORIZ Victor, CARAM Rosana **Desempenho térmico de tintas brancas com microesferas cerâmicas para uso em coberturas de edifícios**, XI; Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído Búzios, Rio de Janeiro 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Kelen-Dornelles/publication/280978247_DESEMPENHO_TERMICO_DE_TINTAS_BRANCAS_COM_MICROESFERAS_CERAMICAS_PARA_USO_EM_COBERTURAS_DE_EDIFICIOS/links/55cf599308ae502646aa4330/DESEMPENHO-TERMICO-DE-TINTAS-BRANCAS-COM-MICROESFERAS-CERAMICAS-PARA-USO-EM-COBERTURAS-DE-EDIFICIOS.pdf. Acesso em: 12 jul. 2024.
- FREIRE, Morgana. **A Transferência de Calor com o Uso de Experimentos Alternativos**. Scientia Plena, [S. l.], v. 1, n. 8, 2011. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/586>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/52806>. Acesso em: 11 jun. 2024.
- IPCC. **Climate Change 2023: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/resources/spm-headline-statements>. Acesso em: 03 jun. 2024.

IKEMATSU, Paula. **Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana, 2007) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. doi:10.11606/D.3.2007.tde-26122008-105228. Acesso em: 07 maio. 2024.

JAEGER, L. **Propriedades Físicas da Madeira**. Centro Universitário de União da Vitória, 2013. Disponível em: <http://www.jaeger.synthasite.com/resources/APOSTILAS/Propriedades%20f%C3%ADsicas%20da%20madeira.pdf>. Acesso: 03 jun. 2024.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. e PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 1ª Edição – São Paulo: PW, 1997. Disponível em: https://materialidad2012.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/04/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 06 jul. 2024.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. **Um século e meio de aquecimento global**. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v.18, n.107. 1995. Disponível em: <https://sbagro.org/files/biblioteca/5313.pdf>. Acesso: 06 jul. 2024.

PEREIRA, Célio Dias et al. **Estudo comparativo de desempenho térmico entre tintas de cor branca aplicadas em coberturas de fibrocimento**. In vol. 9 n. 2 (2019): REVISTA ANÁPOLIS DIGITAL – ISSN 2178-0722. Disponível em: <https://portaleducacao.anapolis.go.gov.br/revistaanapolis/wp-content/uploads/2023/vol9/11.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2024.

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. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022008000200005. Acesso em: 06 jul. 2024.

SOUZA, Ana Cristina Inácio. **Avaliação comparativa da refletância solar de tintas para telhas com uso de “pigmento frio” e convencional nas cores cinza claro e escuro**, (Dissertação de mestrado, 2018), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-26022018-153059/pt-br.php>. Acesso em: 02 jul. 2024.

TEIXEIRA, CARLA FERNANDA BARBOSA. **Análise do desempenho térmico de telhas de fibrocimento tratadas com revestimentos brancos e submetidos à aspersão de água**. TESE (DOUTORADO)- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, SÃO PAULO, 2013. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/87883/analise-de-desempenho-termico-de-telhas-de-fibrocimento-trat>. Acesso em: 13 jul. 2024.

RORIZ Victor, DORNELLES, Kelen, RORIZ, Mauricio. **Fatores determinantes da absorção solar de superfícies opacas**, IX; Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, V Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído Búzios, Rio de Janeiro 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Victor-Roriz/publication/283292687_FATORES_DETERMINANTES_DA_ABSORTANCIA_SOLAR_DE_SUPERFICIES_OPACAS/links/5631002908ae506cea676407/FATORES-

DETERMINANTES-DA-ABSORTANCIA-SOLAR-DE-SUPERFICIES-OPACAS.pdf
Acesso em: 12 jul. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC. **Experimentos de Calorimetria em Cursos
Universitários**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/tRgwmcyxsbXWkTzrhzFkFhf/>.
Acesso em: 11 jun. 2024.