

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

IVONEI MAGALHÃES

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE SUBCOBERTURAS VISANDO CONFORTO
TÉRMICO RESIDENCIAL**

**CASCABEL - PR
2018**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

IVONEI MAGALHÃES

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE SUBCOBERTURAS VISANDO CONFORTO
TÉRMICO RESIDENCIAL**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Engenheiro Civil Especialista
Ricardo Paganin.

**CASCADEL – PR
2018**

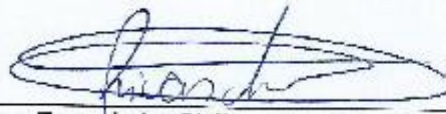
CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

IVONEI MAGALHÃES

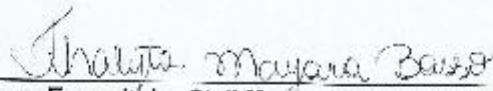
**ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE SUBCOBERTURAS VISANDO CONFORTO
TÉRMICO RESIDENCIAL**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor **Engenheiro Civil Especialista RICARDO PAGANIN**

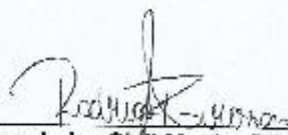
BANCA EXAMINADORA



Orientador Professor **Engenheiro Civil Especialista RICARDO PAGANIN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil Especialista



Professora **Engenheira Civil Mestre THALYTA MAYARA BASSO**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil Mestre



Professor **Engenheiro Civil Mestre RODRIGO TECHIO BRESSAN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil Mestre

Cascavel, 19 de junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente sou grato à Deus, por ter me dado saúde mental, física e espiritual para executar esse projeto do começo ao fim e poder usufruir dessa conquista maravilhosa e satisfatória. Somente com a benção e a crença no Senhor eu consegui concluir, obrigado.

À família, (pai, mãe, irmãos e esposa), agradeço o auxílio na execução, a paciência, nesses dias árduos em que estive me dedicando à esse projeto, as palavras de motivação, o conforto e a crença, muito obrigado.

Ao meu orientador, Ricardo Paganin, que foi de suma importância compartilhando seu conhecimento acadêmico comigo, corrigindo meus erros, tirando minhas dúvidas, me ensinando, participando efetivamente, visitando o local de inserção dos protótipos, ajudando na instalação dos equipamentos, pela paciência quando eu não atendia às expectativas ou pela dificuldade da minha parte em executar o projeto, pela prestatividade e profissionalismo, muito obrigado. Minha admiração pelo seu conhecimento e alto nível de profissionalismo que vou levar como exemplo para a vida inteira.

Agradeço à Flávia Strassburger, por compartilhar seu conhecimento comigo (já havia feito um projeto parecido e tinha utilizado os mesmos equipamentos) obrigado por se deslocar até minha casa (local onde foi feito o projeto) e ter me orientado na elaboração do trabalho. Muito obrigado de coração.

À Paula Zonta, pela correção ortográfica feita em meu projeto, pela paciência com meus erros de português, pela prestatividade, muito obrigado.

Ao Centro Universitário Assis Gurgacz, por fornecer equipamentos e o espaço físico para estudo, muito obrigado.

E por fim, todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para elaboração desse projeto, muito obrigado.

RESUMO

O conforto térmico em residências garante aos usuários uma economia considerável em gasto com energia elétrica, economia essa que vem da diminuição do uso de técnicas artificiais para gerar conforto térmico. Nesse sentido vale a tentativa de utilização de técnicas construtivas que tenham esse objetivo, como a utilização de subcoberturas. O objetivo deste estudo foi verificar a eficiência do uso de subcoberturas como auxiliar de conforto térmico. O método utilizado foi o experimental, tendo auxílio de *datalogger* e termopares para medir e registrar as temperaturas externa e internas de três protótipos, construídos em alvenaria convencional e cobertura com telha de fibrocimento, com as dimensões de 110 x 110 cm. Sendo um protótipo de referência, outro com a instalação de uma subcobertura aluminizada em uma face e o último com uma subcobertura aluminizada nas duas faces. Utilizou-se ainda termopares do tipo "J" e um *datalogger* para coleta de dados. Com o desenvolvimento do trabalho, verificou-se que a instalação de uma subcobertura de dupla face aluminizada manteve a temperatura interna 10% menor que a temperatura externa, no dia de maior calor. Enquanto que o desempenho da subcobertura de uma face aluminizada foi melhor no dia de menor temperatura, mantendo a temperatura interna 21% superior a temperatura externa. Nesse sentido observa-se que ambas as subcoberturas utilizadas tiveram bom desempenho térmico, favorecendo o conforto térmico dos usuários da edificação.

Palavras-chave: Desempenho. Temperatura. Alternativas.

ABSTRACT

The thermal comfort in homes guarantees users a considerable saving in the cost of electrical energy, which comes from the reduction of the use of artificial techniques to generate thermal comfort, for example, air conditioning; in this sense, it is worth the attempt to use constructive techniques such as the use of undercover. The objective of this study was to verify the efficiency of the use of undercover as a generator of thermal comfort. The method used was the experimental one, with the aid of datalogger and thermocouples to measure and record the external and internal temperatures of three prototypes, built in conventional masonry and covering with asbestos cement tile, with dimensions of 110 X 110 cm. As a reference prototype, another with the installation of an aluminized undercoat on one side, the latter with an aluminized undercoat on both sides, a "J" type thermocouple and a data logger were used. With the development of the work it was verified that the installation of an aluminized double-sided sub coating maintained the internal temperature 10% lower than the external temperature on the day of higher heat, while the performance of the undercoating of an aluminized face was better on the day of lower temperature, maintaining the internal temperature is 21% higher than the external temperature. In this regard, it can be observed that both sub-roofs used had good thermal performance, favoring the thermal comfort of the users of the building.

Keywords: Performance. Temperature. Alternatives.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela para levantamento de dados de temperatura co a subcobertura 1 à 4.....	26
Tabela 2: Temperaturas máximas e mínimas de cada experimento	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Termopar tipo J	18
Figura 2:Esquema físico termopar.....	18
Figura 3:Datalogger.....	19
Figura 4: Protótipo Referência	22
Figura 5: Protótipo A.....	22
Figura 6: Protótipo B	23
Figura 7: Protótipos concluídos.....	23
Figura 8: Localização dos equipamentos.....	24
Figura 9: Exposição ao sol	24
Figura 10: Telha modelo	25
Figura 11: Detalhe de subcobertura duas faces aluminizadas	25
Figura 12: Detalhe de subcobertura uma face aluminizada.....	26
Figura 13: Gráfico de registros temperatura externa durante 15 dias.....	28
Figura 14: Gráfico de registros de temperatura protótipo referência durante 15 dias	29
Figura 15: Gráfico de registro de temperatura protótipo A durante 15 dias.....	30
Figura 16: Gráfico de registro de temperatura protótipo B durante 15 dias.....	31
Figura 17: Gráfico comparação entre os 4 termopares.....	32
Figura 18: Comparação da eficiência no dia mais quente	32
Figura 19: Comparação da eficiência no dia mais frio	33

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	10
1.1 INTRODUÇÃO.....	10
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	11
1.2.3 Objetivo geral	11
1.2.3 Objetivos específicos.....	11
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	12
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	12
CAPÍTULO 2.....	14
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1.1 Uso de subcoberturas relacionadas à sustentabilidade	14
2.1.2 Elementos que se direcionam ao conforto térmico	15
2.1.3 Passagem de calor do ambiente externo para o interno.....	16
2.1.4 Isolamento térmico por reflexão.....	16
2.1.5 Medidores de temperatura	17
2.1.6 Datalogger	18
2.1.7 Clima da região de Cascavel - PR.....	19
2.1.8 Materiais utilizados.....	22
2.1.9 Matriz energética.....	22
CAPÍTULO 3.....	21
3.1 METODOLOGIA	21
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	21
3.1.2 Caracterização da amostra.....	21
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	26
3.1.4 Análise dos dados	27
CAPÍTULO 4.....	28
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1.1 Temperatura externa.....	28
4.1.3 Protótipo com subcobertura A.....	29

4.1.4	Protótipo com subcobertura B	30
4.1.5	Comparação.....	31
CAPÍTULO 5.....		34
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
CAPÍTULO 6.....		35
6.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	35
REFERÊNCIAS		36

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Para Daré (2005), o ser humano busca desenvolver-se adequadamente sob condições adversas daquelas que lhes garantam certos níveis de conforto, através da seleção e correção dos fatores físico-climatológicos, como radiação solar, umidade do ar, chuvas, ventos e temperatura. Para isso busca-se abrigo em edificações, que por sua vez devem fornecer um desempenho térmico adequado face aos fatores externos mencionados.

As variações térmicas são fatores determinantes ao conforto térmico de uma edificação, ocorrendo basicamente através das trocas térmicas da edificação com o ambiente. Para Vecchia (2005), as trocas térmicas pelos diferentes sistemas de coberturas constituem, nas edificações, a principal causa do inadequado comportamento térmico e da ocorrência de estresse térmico, prejudicando a otimização das atividades desenvolvidas nesse ambiente.

Para Gass (2010) coberturas são estruturas que se definem pela forma, observando as características de função e estilo arquitetônico das edificações, existem diversos tipos de coberturas entre elas estão: minerais, vegetais rústicas (sapé), vegetais beneficiadas, coberturas com membrana, coberturas em malhas metálicas, coberturas tipo cascas, terraços. Porém, as coberturas mais comuns são aquelas em que são utilizados diversos tipos de telhas de: cerâmica, concreto, zinco, fibrocimento, entre outros.

Gass (2010) defende ainda que com a finalidade de melhorar o desempenho térmico da edificação utilizam-se subcoberturas. As subcoberturas podem ser fabricadas de diversos materiais e são instaladas abaixo da cobertura, podendo assim desempenharem sua suposta função.

Considerando o fato de que há vários tipos de coberturas e subcoberturas, este trabalho teve como objetivo verificar o desempenho térmico do conjunto de dois tipos de subcoberturas disponíveis para venda na cidade de Cascavel - PR com telhas de fibrocimento produzidas na região, através do monitoramento térmico de protótipos construídos na região oeste da cidade de Cascavel - PR.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência econômica energética de subcoberturas para conforto térmico na cidade de Cascavel - PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar as variações térmicas ambientais externas à edificação;
- Determinar as variações térmicas internas à edificação;
- Comparar os desempenhos térmicos obtidos por monitoramento dos diferentes protótipos montados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para Akutsu (1998), já em 1998 a energia elétrica era acessível em várias regiões do Brasil, situação essa que hoje ainda perdura, juntamente este fato a criação de sistemas artificiais de condicionamento térmico das edificações difundiu-se, assim como a sua utilização, o que gerou um aumento no consumo de energia, deixando de lado sistemas que não consomem energia, como as subcoberturas.

De acordo com uma matéria publicada na Revista Veja (2015), o ar condicionado tornou-se o novo vilão para o consumo de energia; nos últimos anos, o consumo de energia do setor residencial e comercial subiu bem acima do industrial, fazendo com que o equipamento de maior consumo que anteriormente era o chuveiro elétrico, fosse substituído pelo ar condicionado. Um problema gerado pelo elevado consumo energético para manutenção do conforto térmico das edificações foi um apagão, que atingiu Brasília os 11 estados brasileiros no dia 19/01/2015.

A situação citada anteriormente, segundo a mesma reportagem ocorreu por excesso de demanda energética, visto que o dia estava com temperaturas elevadas, e no momento do

apagão a temperatura era de 35°C, o que gerou grande consumo por parte de sistemas artificiais de condicionamento térmico.

Para Simão (2018), o Brasil está entre os líderes mundial em geração de energia elétrica isso se dá por conta das hidrelétricas. Porém, em períodos de pouca chuva é necessário a busca por fontes alternativas de energia, que garante suprir atualmente no país esse desfalque sofrido devido à estiagem nas usinas termelétricas, pois, essa não é uma fonte de energia limpa, nem barata. Assim um menor consumo de energia favoreceria o sistema.

Desta forma, torna-se importante a busca por alternativas de manutenção do conforto térmico das edificações sem o uso de energia, tornando-se como alternativa a utilização de subcoberturas.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual tipo de subcobertura é mais eficiente para ser utilizado em uma residência na cidade de Cascavel-PR?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A subcobertura de duas faces de alumínio, é a mais eficiente para dias mais quentes, são esses a maioria anual na região de Cascavel - PR. Pois, a subcobertura obtém ação térmica em ambos os lados por conta dos mesmos serem metalizados.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada ao levantamento de dados de temperatura interna e externa em diferenciados tempos obtidos através de equipamentos medidores (termopar tipo J) instalados em protótipos que se assemelham a residências sendo instalados na cidade de Cascavel, Paraná, em meados do mês de abril de 2018.

Para este trabalho, além da utilização do medidor termopar, foi utilizado o aparelho datalogger, que registrou em gráfico as variações térmicas ao longo de trinta dias. Para a

construção dos protótipos utilizou-se: tijolos, areia, cimento, cal, madeira para telhado, telhas fibrocimento 6mm e parafusos de cobertura.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Uso de subcoberturas relacionadas à sustentabilidade

Para Domingues (2010), a subcobertura proporciona maior vida útil ao telhado ao evitar que a madeira utilizada na estrutura sofra apodrecimento causado pelo acúmulo indevido de água. Por fim, as subcoberturas com mantas compostas por fibras de polietileno de alta densidade podem ser respiráveis, ou seja, permitem que o vapor gerado dentro do imóvel saia pelos poros da manta, mas sem permitir que a água, na forma líquida, se infiltre no ambiente seco.

Para Duarte (2014), o desenvolvimento sustentável significa a integração do desenvolvimento econômico com a proteção do meio ambiente e a justiça social. Ainda ressalta que, muitas vezes, o tema da sustentabilidade é restringido ao aspecto ambiental, mas seu conceito mais completo abrange os aspectos sociais e econômicos. Para que uma indústria cerâmica promova o desenvolvimento sustentável, segundo a especialista, em primeiro lugar, é preciso planejamento e conhecimento dos impactos ambientais e sociais do seu negócio.

Para Pessoto (2005), o desempenho térmico de edificações é um fator importante em habitações, notadamente naquelas destinadas a pessoas de baixa renda. Uma edificação projetada para o clima no qual está inserida torna-se confortável, além de economizar energia. A avaliação do desempenho térmico de uma edificação engloba a resposta global do projeto arquitetônico proposto em relação às trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo, onde a caracterização das condições climáticas é uma das etapas mais importantes. As condições de exposição da edificação ao clima são caracterizadas pelos valores locais, horários da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e também pela velocidade predominante do vento. Métodos de avaliação do desempenho térmico, os dados climáticos são caracterizados pelos dias típicos, para os períodos de inverno e verão. Esses dias são determinados em função de sua frequência de ocorrência e representam níveis de exigência na avaliação.

Para Dufrio (2018), consumo de energia pelo uso do ar condicionado como

condicionante térmico é altíssimo, para um ar condicionado split de 9000 BTUs usado à uma média de 8 horas por dia 30 dias no mês o consumo ficaria em torno de (17 KW/mês) em reais para se ter uma ideia esse gasto seria de R\$60,00/mês, o consumo aumenta conforme aumenta a capacidade do ar condicionado e o uso da subcobertura é uma alternativa para diminuir o uso do ar condicionado.

2.1.2 Elementos que se direcionam ao conforto térmico

Para Carneiro (1988), o desempenho térmico de uma edificação é o resultado da interação de um conjunto de fatores, tais como o climático, do entorno, do abrigo e ocupacionais.

Os fatores climáticos são representados pelas variáveis climáticas locais: ventos, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e insolação. Já os fatores do entorno são representados pelas variáveis que caracterizam o local próximo ao abrigo, quanto a tipologia e posição das edificações vizinhas, características de paisagem (vegetação e massa d'água), recobrimento do solo e topografia (CARNEIRO 1998).

Os fatores da edificação são representados pelas variáveis de projeto, tais como a implantação, considerando a porção da área opaca/transparente e as características térmicas dos materiais que as constituem. Os fatores ocupacionais são representados pelas características de ocupação, pelo período de ocupação, número de pessoas e atividades desenvolvidas, número e natureza dos equipamentos instalados (CARNEIRO, 1998).

Segundo Sobenis (1982), as paredes de orientação norte recebem a maior quantidade de radiação direta no inverno e pouco fluxo solar direto no verão. As fachadas de orientação nordeste recebem o sol da manhã, com fluxo solar direto e alto no inverno, e fluxo direto médio no verão. As paredes de orientação noroeste sofrem os efeitos do sol da tarde com alto fluxo direto no inverno, e médio no verão. A fachada sul recebe a luz diurna difusa ou iluminação uniforme, esta orientação é adequada, nas áreas, onde é necessária uma iluminação natural equilibrada (área de trabalho), com possibilidade de utilização de venezianas para controle da iluminação interna, orientação das paredes da habitação leste-oeste é desfavorável, devido ao fato de que, no inverno, o fluxo térmico direto total recebido é mínimo e, no verão, é máximo, nas paredes correspondentes.

Os elementos físicos da envolvente (cobertura, paredes, aberturas), regulam o micro

clima interno da edificação permitindo a ação dos elementos ambientais externos, direta ou indiretamente. Através dos componentes físicos da habitação, é possível realizar o controle do fluxo de energia térmica entre o exterior e interior e vice-versa (SOBENIS, 1982).

Ainda segundo Sobenis (1982), todos estes aspectos devem ser considerados quando se acredita que uma boa arquitetura deve responder, adequadamente, às condições climáticas locais.

2.1.3 Passagem de calor do ambiente externo para o interno

De acordo com Costa (1981), denomina-se transmissão de calor, o conjunto de fenômenos que caracterizam a passagem de calor e que pode efetuar-se de três maneiras distintas: condução, convecção e radiação, obedecendo cada uma dessas formas às leis próprias.

A condução depende das trocas de energia molecular no meio condutor, ocorrendo devido ao aumento de energia cinética proporcionado por contato entre corpos uma excitação térmica, em uma região de um corpo. Elétrons com maior energia tornam-se mais velozes e com órbitas mais amplas, chocando-se com elétrons vizinhos. Estes que recebem os choques ganham mais energia térmica, passando a suceder de forma semelhante ao primeiro (VECHIA, 2001).

A convecção ocorre quando um dos corpos envolvidos é fluido; as partículas do fluido entram em contato com uma superfície aquecida elas se dilatam, tornando-se menos densas, afastando-se a superfície quente e dando lugar a outras partículas, criando as correntes convectivas (VECHIA, 2001).

A radiação ocorre sem que haja contato entre os corpos, há somente transmissão de energia e esta energia transmite-se em forma de ondas eletromagnéticas.

2.1.4 Isolamento térmico por reflexão

Sato (2003), afirma que as subcoberturas ganham adeptos pela dupla função: estanqueidade e isolamento térmico. São mantas instaladas entre a telha e o forro que, por serem impermeáveis, eliminam goteiras. Para isolar o calor, as mantas têm de possuir

características mais complexas, no caso, elas são isolantes por diminuição da troca de calor por radiação. A manta deve ser fabricada com materiais adequados, como por exemplo, deve ter emissividade menor que 0,1. Isso quer dizer que ela vai emitir 10% da radiação, ou vai refletir 90%.

As características de barreira radiante devem-se à lâmina de alumínio "foil", que pode estar presente em apenas um dos lados ou em ambos os lados da subcobertura. A refletividade vai depender da maneira como está instalada. Se apenas um dos lados é aluminizado, é este quem deve estar voltado para baixo, pois se voltado para cima o alumínio empoeira fácil e diminui sua capacidade de reflexão. Nesse caso, o produto recebe calor do telhado, que é absorvido pela face superior e esquenta a subcobertura. Na hora que o lado de baixo irradiar calor para o ambiente, por ser de alumínio, o calor ficará na própria folha. Na situação em que a subcobertura é bialuminizada têm duplo benefício, o lado superior reflete o calor de volta para o telhado e um pouco do que é absorvido não vai ser irradiado para dentro do ambiente (SATO, 2003).

A isolamento da cobertura ajuda muito, pois a maior carga de calor chega pela cobertura. A temperatura de uma telha fibrocimento pode chegar entre 60 a 70 °C, e essa temperatura, irradia calor. A escolha da subcobertura vai depender da necessidade do empreendimento. Existem vários fabricantes e produtos diferentes, principalmente na composição do substrato, pois o "foil" de alumínio pode estar ligado a diversos materiais, e, alguns utilizam um reforço para o "foil" de alumínio, outros usam substratos como polietileno, plástico bolha e lã de vidro. Estas camadas intermediárias (substrato) sevem de reforço para o conjunto resistir aos esforços de tração (SATO, 2003).

2.1.5 Medidores de temperatura

Lira (2001), cita que dentre os variados tipos de sensores para medição de temperatura, o termopar ou par termoelétrico é o mais utilizado industrialmente e em laboratórios. Em uma de suas extremidades os fios são unidos e soldados, que se chamam junta de referência. A Figura 1, apresenta um termopar tipo J.

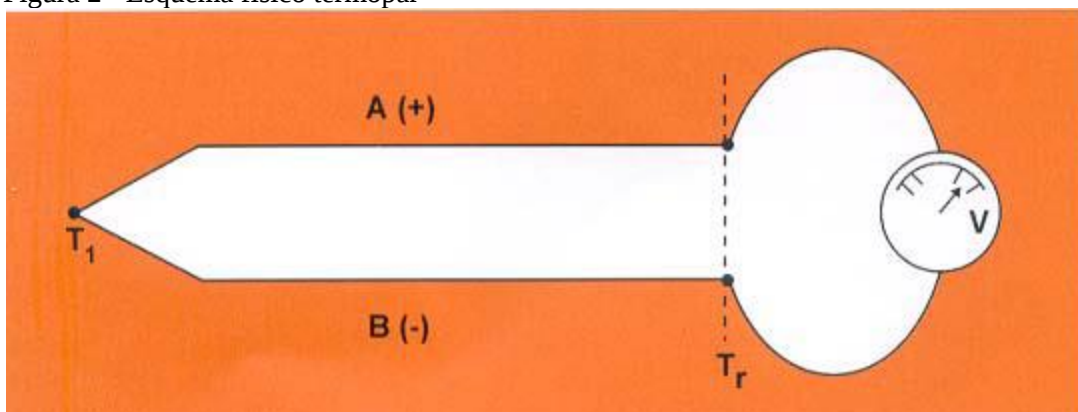
Figura 1 - Termopar tipo J



Fonte: Autor (2018)

Para Domingues (2010), termopares são sensores constituídos de dois condutores metálicos, os quais, quando submetidos a uma diferença de temperatura entre suas extremidades, geram uma força eletromotriz, da ordem de mV, provocada pela redistribuição de elétrons, cujo valor depende do tipo de material condutor. Conforme Figura 2.

Figura 2 - Esquema físico termopar



Fonte: Resisten (2010)

2.1.6 Datalogger

Segundo o manual de instruções NOVUS (2018), o datalogger é um módulo de aquisição e registro de variáveis analógicas e digitais. Tem 8 entradas analógicas universais e 8 entradas ou saídas digitais. Pode se comportar como o mestre de uma rede Modbus RTU e ler registradores de outros escravos a fim de registrá-los em memória ou disponibilizá-los nas outras interfaces. Capaz de efetuar operações matemáticas nos canais de entrada, possui alta velocidade de leitura e registro, grande capacidade de memória, aceita cartão SD e pen drive e possui várias opções de conectividade.

Figura 3 - Datalogger



Fonte: Novus (2018)

2.1.7 Clima da região de Cascavel - PR

Para Barry e Chorley (2012), o clima da cidade de Cascavel - PR é quente e temperado, existindo, uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda assim há uma grande pluviosidade. A classificação do clima é Cfa (temperado e equatorial) segundo a Koppen a Geiger (1936), com temperatura média de 18.2 °C e a média anual de pluviosidade de 1822 mm.

2.1.8 Materiais utilizados

Os materiais utilizados na execução dos protótipos foram: tijolo cerâmico 9x11x19 cm, argamassa de cal, areia e cimento para execução das paredes, caibro de pinos 5x5 cm, ripa de pinos 5x2,5 cm, subcobertura aluminizada em uma face, subcobertura aluminizada em duas faces, telha fibrocimento 6 mm, pregos 17x27 e parafusos auto brocante sextavado para execução da cobertura.

2.1.9 Matriz energética

Para Correio Braziliense (2018), o Brasil deu um passo importante para se tornar referência em energias renováveis ao aprovar o processo de adesão à Irena, a agência internacional do setor. A decisão foi comunicada pela Comissão Interministerial em

Organismos Internacionais do governo federal, depois da 8ª Assembléia Geral da Irena, e Abu Dhabi. A organização tem, atualmente, 152 países-membros. Outros 30 em processo de adesão, como o Brasil. Para o presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Luiz Augusto Barroso, a decisão de participar da Irena posiciona o Brasil no centro das discussões mundiais sobre a expansão das chamadas energias verdes, o que é fundamental para que o mercado brasileiro siga como o processo de inserção de renováveis que está em andamento. "Especificamente para a fonte solar fotovoltaica, trata-se de uma enorme oportunidade de mais aprendizado sobre modelos de negócios, regulação e novas estruturas comerciais", diz Barroso. Os números mostram que os sistemas de energia tradicionais estão mudando rápido em função dos investimentos em novos projetos de geração alternativa que já superaram em capacidade os de combustíveis fósseis. Em 2016, dos 162 gigawatts (GW) de energia adicionados ao sistema, 60% vieram de fontes renováveis. Relatório recente da Irena mostra que os projetos e leilões de todas as tecnologias de geração de energias renováveis são mais baratos e devem continuar com preços mais baixos que os fósseis. Os dados da Irena mostram ainda que o custo de geração de energia eólica vem registrando queda de 25% desde 2010. Já custos de energia solar fotovoltaica tiveram redução de 73% no mesmo período. Estima-se que, até 2020, os custos com cairão pela metade.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de uma análise da eficiência de subcoberturas utilizadas como isolantes térmicos que foram aplicados em cinco protótipos, instalados na cidade de Cascavel - Paraná com incidência natural solar, ou seja, o sombreamento não veio à interferir na coleta de dados da pesquisa.

O estudo foi realizado pelo método descritivo a ser aplicado em campo, pois, foram levantados dados do comportamento térmico dos protótipos em diferenciados horários e diferentes tipos de subcoberturas por meio de equipamentos especializados. As causas e variações a se verificar serão debatidas com a teoria.

Após a coleta de dados foi identificada a melhor opção dentre as cinco estudadas para aplicação como isolante térmico em subcoberturas, subcobertura com duas faces metalizadas.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado em 3 protótipos com paredes em alvenaria, estrutura da cobertura em madeira e telhas em fibrocimento com espessura de 6mm, nas dimensões de 80cm comprimento, 70 cm largura, 100cm altura e 11cm espessura das paredes, cobertura 110cm comprimento e 110 cm de largura dimensões que se aproximaram das já usadas em trabalhos similares feitos anteriormente em protótipos Strassburger (2016). A diferença entre eles é que um tem a subcobertura de uma face, o outro de duas faces e o terceiro não tem subcobertura.

Os protótipos foram instalados no bairro Alto Alegre da cidade de Cascavel - PR, conforme observa-se Figura 4.

Para esse protótipo não foi utilizado nenhuma subcobertura, sua cobertura foi composta somente da estrutura de madeira e da telha fibrocimento de 6 mm.

Figura 4 - Protótipo Referência



Fonte: Autor (2018)

Protótipo A, faz uso da subcobertura aluminizada em uma face somente.

Figura 5 - Protótipo A



Fonte: Autor (2018)

Protótipo B, faz uso da subcobertura aluminizada nas duas faces.

Figura 6 - Protótipo B



Fonte: Autor (2018)

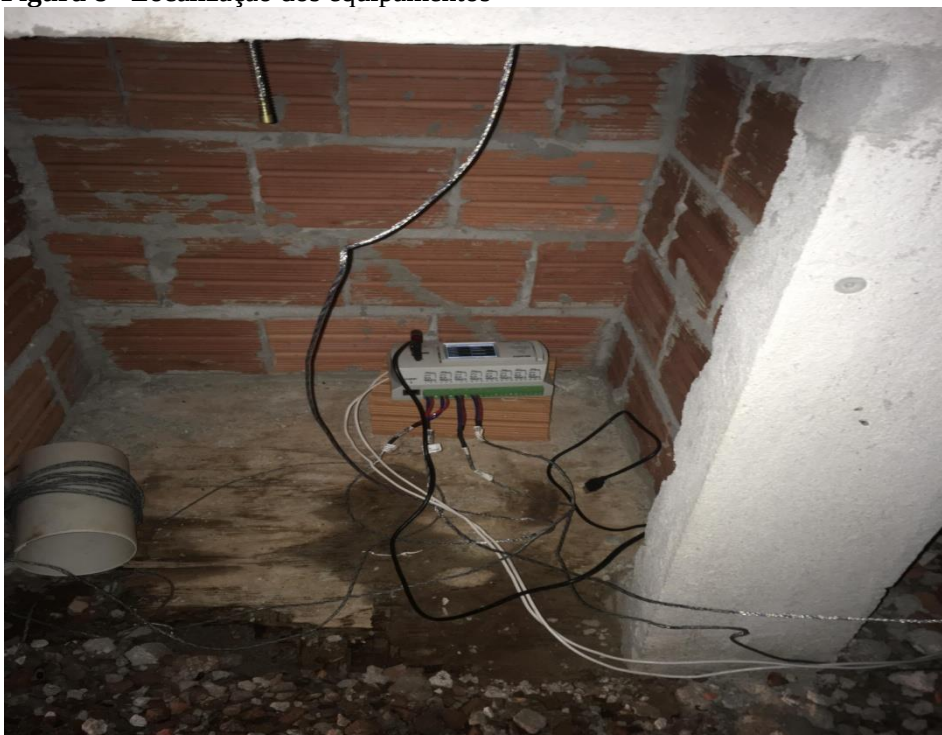
Protótipos concluídos e inseridos no local da coleta de temperatura, obedecendo uma distância entre eles e, entre protótipo e o muro de 150 cm.

Figura 7 - Protótipos concluídos



Fonte: Autor (2018)

Figura 8 - Localização dos equipamentos



Fonte: Autor (2018)

A imagem à seguir mostra a exposição diária ao sol dos protótipos no local onde estavam situados e na data de pesquisa meados de maio 2018, exposição essa que se dá das 7:01 às 18:01 horas.

Figura 9 - Exposição ao sol



Fonte: Suncalc (2018)

Para todos protótipos foi utilizada a telha em fibrocimento de 6 mm, tendo como base a consideração de que este tipo de material é o mais utilizado na região. A Figura 10 ilustra a telha.

Figura 10 - Telha modelo



Fonte: Triunfo Rio Preto (2017)

Foram utilizadas duas mantas de subcobertura compostas por camadas de folha de polietileno, nas quais foram aplicadas folhas de alumínio brilhante em uma face para o tipo A e em duas faces para o tipo B, conforme Figura 11 e 12.

Figura 11 - Detalhe de subcobertura duas faces aluminizadas



Fonte:Autor (2018)

Figura 12 - Detalhe de subcobertura uma face aluminizada

Fonte:Autor (2018)

3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi realizada utilizando os equipamentos datalogger e termopar, realizando leituras em intervalos a cada segundo durante o mês de maio do dia 07 ao 21 de 2018 por 15 dias. Os dados foram inseridos em uma tabela e comparados uns com os outros. As leituras foram realizadas em período integral seguindo a mudança climática da região em questão. Observadas essas mudanças foi verificado o impacto que a mesma gerou no interior dos protótipos.

A Tabela 1 exemplifica a maneira de armazenar os dados da pesquisa.

Tabela 1 - Tabela para levantamento de dados de temperatura co a subcobertura 1 à 4

MEDIDAS DAS TEMPERATURAS (°C) DO ENSAIO

Data	Horário	Termopar 1	Termopar 2	Termopar 3	Termopar 4

Fonte:Daré (2005) - Adaptado

Foi utilizado um termopar para cada protótipo e mais um externo.

3.1.4 Análise dos dados

Após a coleta de dados, foi realizada a respectiva análise por meio da revisão bibliográfica relacionando o tipo de subcobertura com possíveis aspectos que contribuíram para o conforto térmico gerado pela mesma, assim como a verificação do conforto gerado.

Os dados foram tabulados em planilhas e gráficos, indicando o melhor resultado para uso das subcoberturas em questão, a melhor indicada para uso será a subcobertura com desempenho térmico mais favorável.

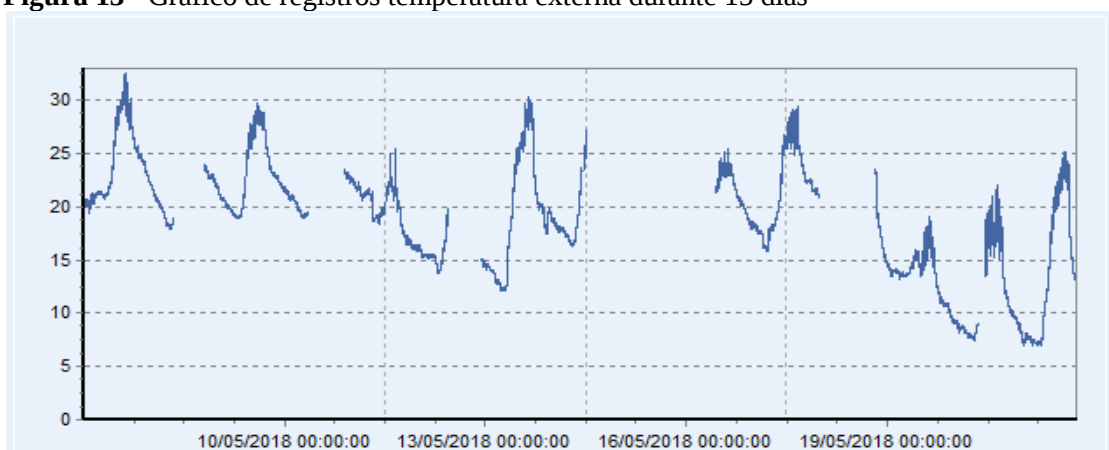
CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Temperatura externa

A partir das medições de temperaturas realizadas pelo equipamento de coleta, obteve-se os valores representados em gráficos. Nesse caso pode-se observar as medições do termopar localizado na parte externa, conforme Figura 13.

Figura 13 - Gráfico de registros temperatura externa durante 15 dias



Fonte: Autor (2018)

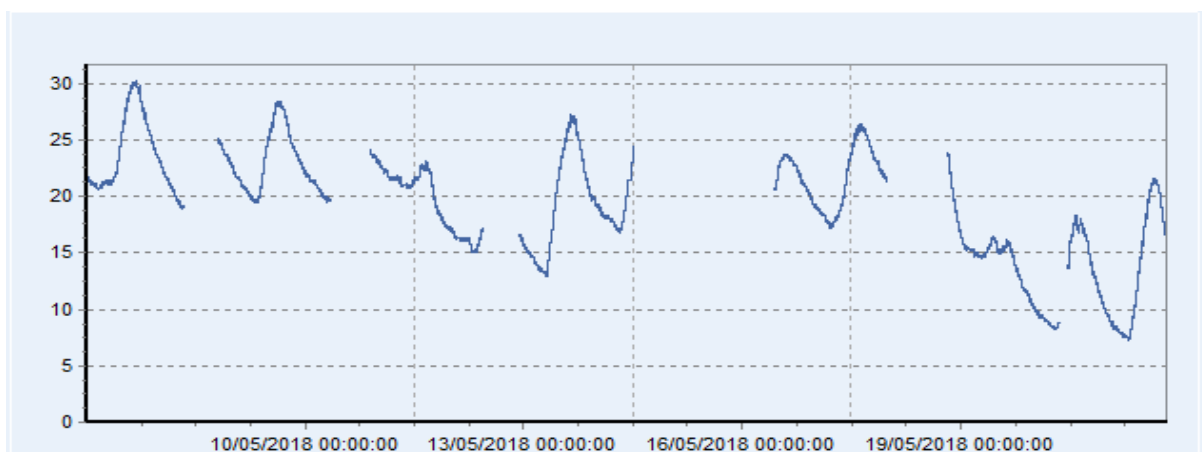
A temperatura máxima registrada foi de 32,4 °C no dia 07 de maio 2018 às 14:33 horas devido à incidência direta do sol e a mínima foi de 7,1°C em 21 de maio 2018 às 7:01 horas, onde o termopar estava completamente exposto ao tempo, e variação térmica entre os 15 dias de testes foi de 78%. Nas medições da temperatura externa obteve-se como resultado uma temperatura máxima de 32,4°C, no dia 07/05/2018, às 14:33 horas. Verificou-se também que a temperatura mínima ocorreu no dia 20/05/2018 às 07:01 horas, tendo uma medição de 7,1°C.

A amplitude térmica observada durante o período de coleta foi de 25,3°C, algo normal para a estação do ano, que segundo Daré (2013), possui grande variação térmica.

4.1.2 Protótipo de referência

O protótipo referência não faz uso de subcobertura somente a telha de fibrocimento. As medições foram compiladas conforme gráfico da Figura 14.

Figura 14 - Gráfico de registros de temperatura protótipo referência durante 15 dias



Fonte: Autor (2018)

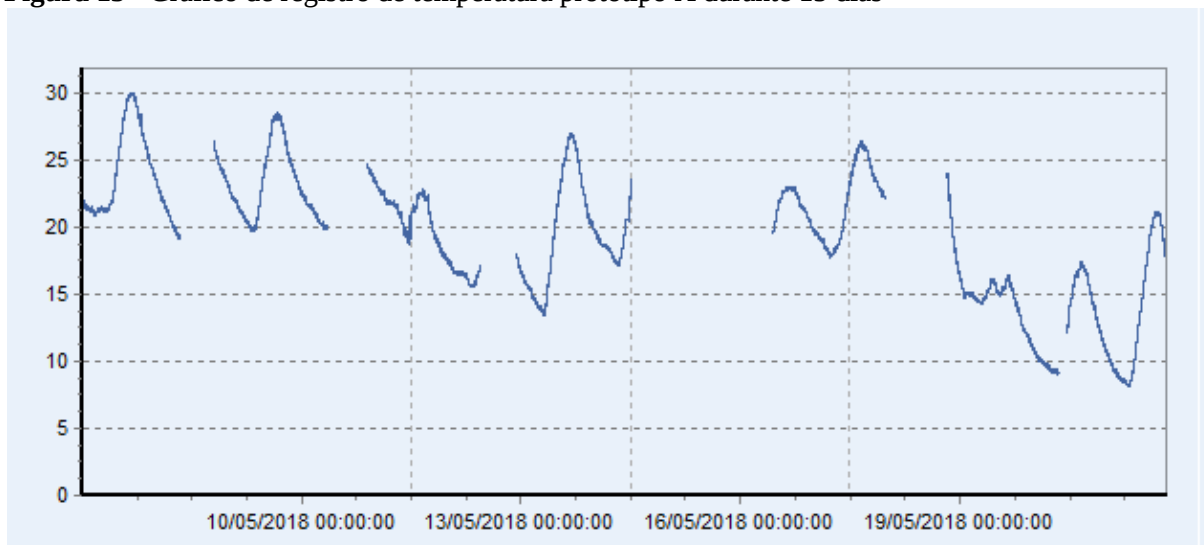
Nesse protótipo, após as medições obteve-se como resultado a maior temperatura foi registrada no dia 07/05/2018, sendo de 30,1°C. Enquanto que, a menor temperatura foi registrada no dia 21 de maio de 2018 tendo um valor de 7,3°C.

Os resultados demonstram uma amplitude térmica no período foi de 22,8°C. Percebe-se que houve uma redução da temperatura interna em relação a temperatura externa de 7%, assim como houve uma manutenção do calor na parte interna no dia mais frio, tendo uma temperatura interna de 2,8% maior que a temperatura externa. Essas diferenças se dão pelo isolamento natural da edificação, referente aos materiais utilizados (alvenaria convencional e telha fibrocimento), conforme salienta Sato (2003).

4.1.3 Protótipo com subcobertura A

Nos protótipos que foram instalados as subcoberturas, as variações térmicas foram mais significativas. Inicialmente tem-se o experimento no qual foi aplicada a subcobertura de uma face aluminizada, tendo como resultado as medições de temperatura do gráfico da Figura 15.

Figura 15 - Gráfico de registro de temperatura protótipo A durante 15 dias



Fonte: Autor (2018)

Nesse protótipo, observou-se que no dia mais quente a temperatura interna média 30°C, às 15h42min, demonstrando que a energia térmica foi absorvida mais lentamente, devido a ação da subcobertura, pois a temperatura externa encontrava-se em seu auge às 15h33min.

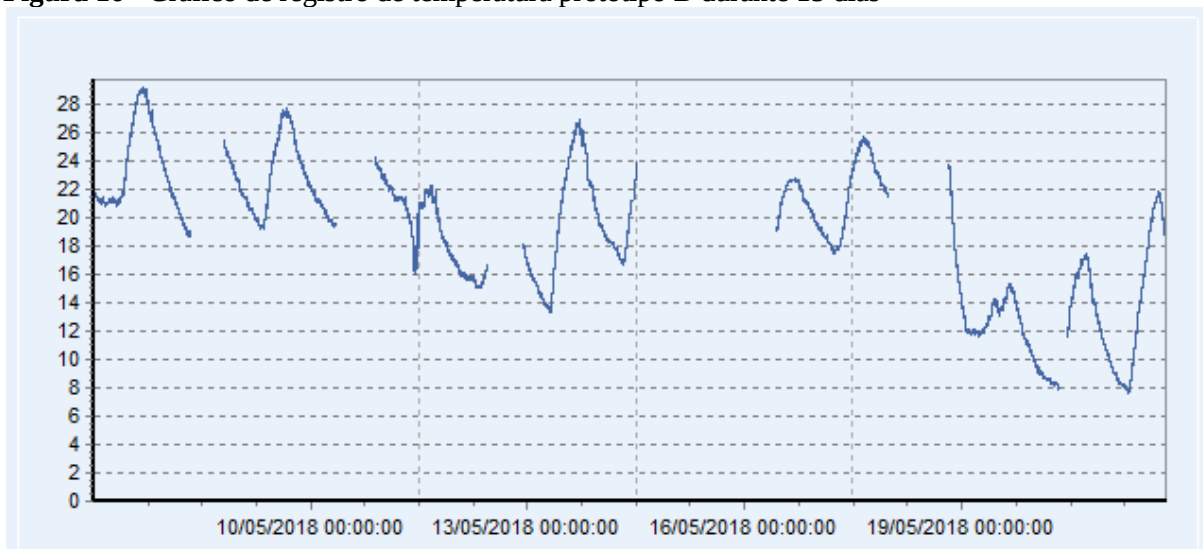
Em relação ao dia de temperatura mínima, observou-se uma medição de 8,6°C, às 05h10min, mostrando que a subcobertura tem a propriedade manter a temperatura interna maior, evitando perdas de calor significativas em dias de maior frio.

Nesse sentido pode-se inferir a eficiência da utilização da subcobertura de uma face aluminizada no dia de menor temperatura, pois a mesma manteve a temperatura interna 7,4% menor que a externa no dia mais quente, praticamente, igualando-se ao desempenho do protótipo de referência. Enquanto que no dia mais frio manteve-se a temperatura interna 21% maior que a temperatura externa.

4.1.4 Protótipo com subcobertura B

A partir das medições obteve-se os valores das temperaturas do protótipo com a instalação da subcobertura com as duas faces aluminizadas, conforme no gráfico da Figura 16.

Figura 16 - Gráfico de registro de temperatura protótipo B durante 15 dias



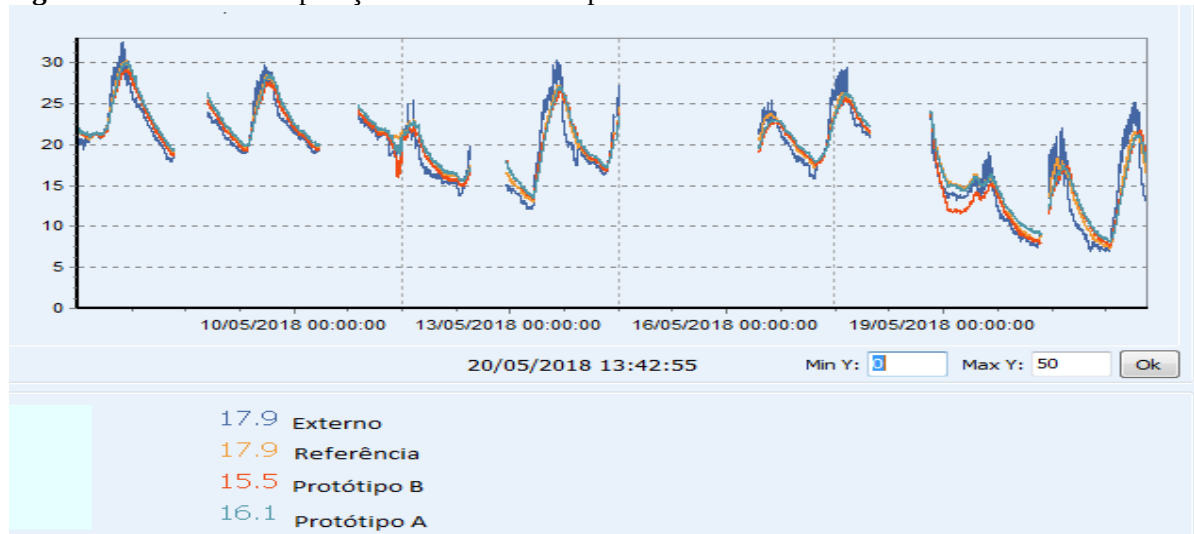
Fonte: Autor (2018)

Nessa medição, obteve-se que a máxima temperatura interna foi de 39,2°C, ocorrida no dia 07/05/2018, às 16h06min, ao passo que a temperatura mínima de 7,6°C, foi registrada no dia 21 de maio de 2018, às 7h03min.

Observou-se que a amplitude térmica no período foi de 21,6°C, assim como teve-se uma eficiência no dia mais quente de 10%, possibilitando uma redução da temperatura interna em 3,2°C, em relação a temperatura interna. Enquanto que no dia mais frio o desempenho da subcobertura foi de 7%, ficando abaixo do esperado, o que pode ser justificado pela capacidade de reflexão de calor das faces aluminizadas.

4.1.5 Comparação

Ainda como fonte de informação pode-se compilar as medições em um único gráfico, conforme a Figura 17, que demonstra as medições das temperaturas por todos os termopares (externo, referência, protótipo A e B).

Figura 17 - Gráfico comparação entre os 4 termopares

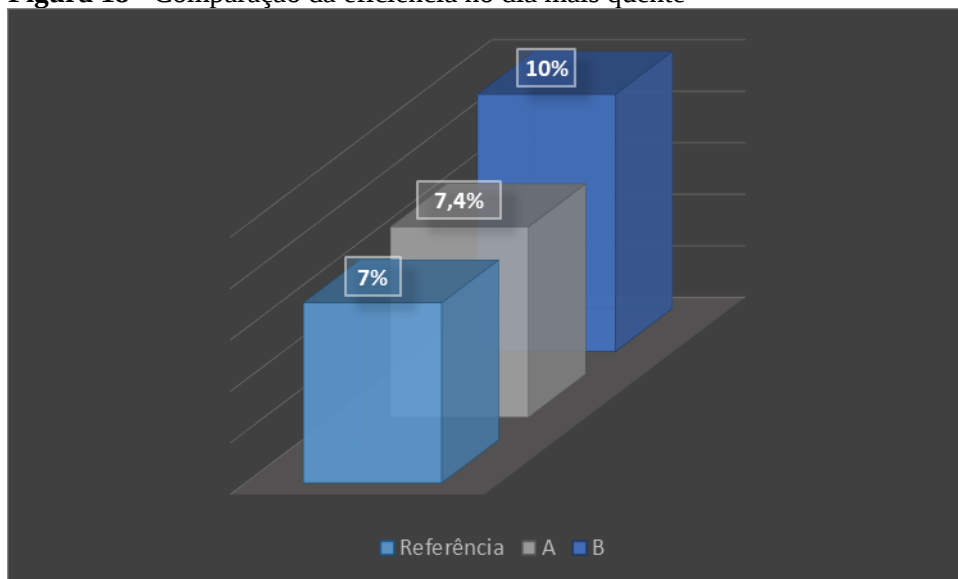
Fonte: Autor (2018)

Para melhor interpretar os resultados, pode-se apresentar a Tabela 2, que demonstra as temperaturas máximas e mínimas de cada experimento colocado na tabela.

Tabela 2 - Temperaturas máximas e mínimas de cada experimento

Medições de Temperaturas		
Ambiente	Máxima (°C)	Mínima (°C)
Externo	32,4	7,1
Referência	30,1	7,3
Protótipo A	30	8,6
Protótipo B	29,2	7,6

Fonte: Autor (2018)

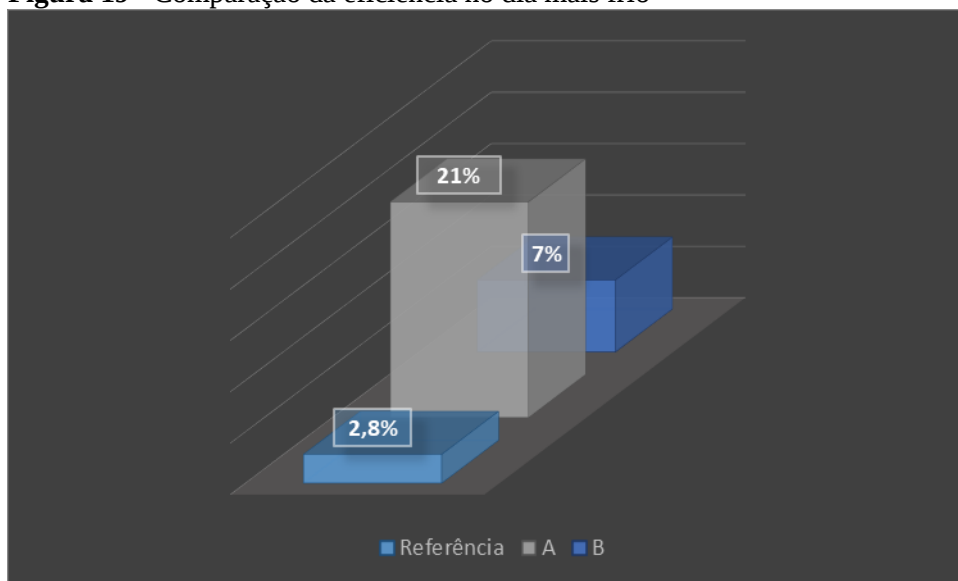
Figura 18 - Comparação da eficiência no dia mais quente

Fonte: Autor (2018)

Pode-se observar na Figura 18 que a situação de melhor eficiência aconteceu no protótipo B, o qual contém a subcobertura com duas faces aluminizadas. Esse fator resulta na capacidade de reflexão dessa face, fazendo com que a radiação seja refletida, evitando a absorção de parte a energia térmica por radiação.

Outro item interessante é a comparação da eficiências no período de menor temperatura, podendo-se observar essa questão no gráfico da Figura 19.

Figura 19 - Comparação da eficiência no dia mais frio



Fonte: Autor (2018)

Nesse caso, percebe-se que a melhor eficiência em manter a temperatura interna maior ocorreu no protótipo A, no qual houve a instalação da subcobertura com apenas uma face aluminizada. Esse fato, pode ser justificado pela reflexão do calor gerada pelo isolamento gerado pelo material, sendo que na subcobertura com face duplamente aluminizada a reflexão de calor pode ter inibido a manutenção da temperatura interna.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos pela pesquisa foram alcançados, fundamentando-se em estudar a eficiência do uso de subcoberturas visando o conforto térmico das edificações.

A partir do experimento pode-se perceber que a subcobertura com uma face aluminizada teve melhor desempenho mediante uma temperatura externa baixa, sendo essa de 21%, pelo fato de não refletir o calor absorvido durante o dia por uma das faces, esta mesma que não é aluminizada.

Em relação a subcobertura de duas faces aluminizadas obteve-se um bom desempenho para a temperatura externa elevada, mantendo a temperatura interna 10% menor que a temperatura externa, por reflexão nas duas faces esta deixa de absorver calor.

Em relação à qual uso de subcobertura se deve utilizar na região estudada, a melhor opção é a de duas faces aluminizadas, pois, a maioria dos dias anuais são mais quentes do que frios.

Observou-se ainda que o protótipo de referência teve certo desempenho térmico, porém inferior aos protótipos que tiveram a instalação das subcoberturas.

Em suma, observa-se que a instalação de subcoberturas favorece o conforto térmico, da edificação melhorando a qualidade do ambiente. Nesse sentido, se esse sistema for aliado à outros métodos construtivos pode então gerar uma grande redução no consumo de energia elétrica, a partir da queda na utilização de condicionadores de temperatura.

Observou-se também que o protótipo referência, o que não fazia uso de subcobertura, tanto para temperaturas mais elevadas quanto para temperaturas mais baixas, o mesmo apresentou um conforto térmico negativo em relação aos que faziam uso das subcoberturas.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para continuidade deste trabalho sugere-se:

- Testar a utilização dessas subcoberturas com outros métodos construtivos;
- Testar a utilização de outras subcoberturas;
- Verificar as possíveis economias de energia, caso os condicionadores de temperatura não forem necessários.

REFERÊNCIAS

- AKUTSU, M. Método **para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. 156f. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, SP. 1998.
- BARRY e CHORLEY. **Atmosfera tempo e clima**. Livro 9ª Edição, cap. 2, p. 33, 2012.
- CARNEIRO, C. M. O papel do projeto arquitetônico na racionalização do consumo de energia elétrica na edificação. Tecnologia de Edificação. S.P. IPT/PINI, p.503 - 506, 1988.
- COSTA, E. da C. **Física aplicada à construção: Conforto Térmico**. São Paulo, Edgard Blucher, 1981, 260p.
- CORREIO BRAZILIENSE. **Brasil atrai investimentos e se torna referência em energia renováveis**, 2018. Disponível em <<http://www.correio braziliense.com.br>>
- DARÉ, C. A. N. Dissertação Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômica, Botucatu, 2005.
- DOMINGUES. Equipe de obras. **Instalação de manta subcobertura**, 2010. Reportagem: Juliana Nakamura 28 março, 2010. Disponível em <<http://equipedeobra.pini.com.br>>
- DUARTE, F. **Sustentabilidade na cerâmica vermelha**. NovaCer. Criciúma, n. 50, p.16, jun. 2014.
- DUFRIO, **Calculador de consumo de ar condicionado**. <<https://www.dufrio.com.br/pagina/calculadora-consumo>> Acessado em 22 de maio 2018.
- GASS, K. C., Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS - **Projeto arquitetônico e os materiais** Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/disciplina/projeto-arquitetonico-e-os-materiais>>
- LIRA, A. de. Medição de Temperatura. In. **Metrologia na indústria**. 1ed. São Paulo: Erica Ltda. 2001. cap. 8.
- PESSOTTO, ALVES SIQUIRA. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações**. Revista Escola de Minas. Ouro Preto, n.2, vol.58, junho 2005.
- PUGLIESI, Nataly. **Subcobertura para telhado: conforto térmico em qualquer estação**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/subcobertura-para-telhados-conforto-termico-em-qualquer-estacao_12136_10_0> Acessado em 21 de maio 2018.
- SATO, S. N. Mantas refletem o calor e têm função impermeabilizante. Maioria possui foil de alumínio em uma ou duas faces. **Revista Técnica**. São Paulo. novembro. 2003.
- SIMÃO, Aline. **Energia elétrica no Brasil em 2018: Panorama**. Disponível em: <<http://www.asmlatin.com/2018/02/energia-eletrica-no-brasil-em-2018-panorama/>> acessado em 21 de maio 2018.

SOBENIS, N. B. S. **Conforto térmico na arquitetura habitacional de São Paulo**. 1982. 228p. (Dissertação Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 1982.

STRASSBURGER, F. **Avaliação do desempenho térmico em modelos reduzidos utilizando telha cerâmica e telha de concreto como sistema de cobertura**. (Trabalho de conclusão de curso) - Centro Universitário Assis Gurgacz. 2016.

VECHIA, F. Isolamento por reflexão. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. **Anais do ENCAC 2001**. São Pedro, SP. 2001.

VEJA.COM. Da Redação. **Ar-condicionado vira novo vilão para o consumo de energia**, 2015. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/economia/ar-condicionado-vira-novo-vilao-para-consumo-de-energia/>>acessado em 05 jun. 2017.