

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

DAIANE FÁTIMA PRADO

**DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE EMBALAGENS 'LONGA VIDA' E ESTUDO
DE SEU COMPORTAMENTO COMO MATERIAL TÉRMICO**

**Alegrete
2015**

DAIANE FÁTIMA PRADO

**DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE EMBALAGENS 'LONGA VIDA' E ESTUDO
DE SEU COMPORTAMENTO COMO MATERIAL TÉRMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Luis Ernesto Roca Bruno

**Alegrete
2015**

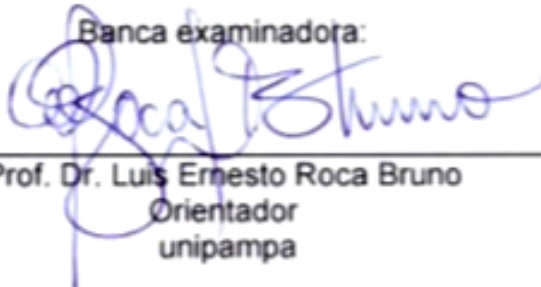
DAIANE FÁTIMA PRADO

**DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE EMBALAGENS 'LONGA VIDA' E ESTUDO
DE SEU COMPORTAMENTO COMO MATERIAL TÉRMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 06 de julho de 2015.

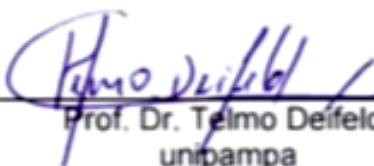
Banca examinadora:



Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno
Orientador
unipampa



Prof. Me. Elvira Luiza Arantes Ribeiro Mancini
unipampa



Prof. Dr. Telmo Delfeld
unipampa

Dedico este trabalho ao meu pai, que não se deixou abater diante das dificuldades, e deu todo o seu esforço em prol da realização do meu sonho, me ajudando chegar até aqui.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, meu Senhor, por ter me dado força e sustentação ao longo do curso, além de muita saúde.

Aos meus pais, João e Eva, pelo apoio, esforço, dedicação e amor, caminharam sempre ao meu lado, sem fraquejar, vocês são minha maior motivação.

As minha irmãs, Gilvane e Juliane, pelo cuidado e carinho que sempre me dedicaram, e por me apoiar nas minhas escolhas.

Agradeço ao meu namorado Ricardo que nesses últimos três anos, soube me compreender e me motivar em todos os momentos, se fazendo presente mesmo na distância.

Aos amigos próximos, pelas palavras de apoio e muitas risadas descontraídas, e aos distantes por entenderem que não teria como estar presente em todos os momentos, muito obrigada, a presença de vocês tornou o caminho mais leve.

Agradeço aos colegas do laboratório da Eng. Mecânica, pela ajuda na confecção dos instrumentos do experimento, aos responsáveis pelo laboratório de química pelo espaço cedido para a montagem e realização do experimento e ao meu orientador Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno que me auxiliou no desenvolvimento deste projeto, sempre com paciência e prontidão pra me ajudar no que fosse necessário, muito obrigada.

Por fim agradeço a todos que de alguma maneira se fizeram presente em meu caminho durante o decorrer deste curso, jamais terei como agradecer tudo o que fizeram, obrigada ,sem vocês eu não chegaria até aqui.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin .

RESUMO

As embalagens longa vida são constituídas por multicamadas de papel, plástico e alumínio, que possuem a função de proteger os alimentos da umidade, passagem de luz e oxigênio. Essa composição faz com que elas se tornem um material de difícil reciclagem, pois como os seus componentes possuem características distintas, há dificuldade em separá-los. Por este motivo a cada ano, o Brasil destina milhões de embalagens cartonadas a aterros sanitários e lixões. Com o desafio de aumentar o número de embalagens a serem recicladas, busca-se novos métodos ou maneiras para seu reaproveitamento. Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolver placas de embalagens longa vida, analisando o seu comportamento térmico e a viabilidade do seu emprego para auxiliar no conforto térmico de ambientes. O estudo foi realizado por meio de dois experimentos, sendo um realizado em laboratório e outro aplicando as placas em protótipos de residências testados em ambiente externo. Com base na análise dos resultados obtidos, não é possível concluir de fato se existe viabilidade de utilização das embalagens longa vida para construção de placas térmicas com a função de auxiliar no conforto térmico de ambientes. No entanto os dados apresentam um indício favorável de que a placa possui comportamento térmico.

Palavras-Chave: isolamento térmico, reutilização, embalagem Longa Vida, coberturas

ABSTRACT

Long life packaging are made of multilayer paper, plastic and aluminum, which have the function of protecting the food from moisture, light and oxygen. This composition makes the material difficult to recycle, because their components have different characteristics, and it is difficult to separate them. For this reason every year, Brazil sends millions of cartons to landfills and dumps. With the challenge of increasing the number of recycled cartons, there are a seek to new methods or ways of reuse. This paper has as main objective develop signs of long-life packaging , analyzing their thermal behavior and the viability of its use to assist in thermal comfort environments. For this study were made two experiments, the first one in laboratory, and the second on a external environment, where were placed long life packaging boards on public house prototypes. Based on the analysis of the results it is not possible to conclude whether there is indeed viability of using carton packages for construction of thermal plates with the auxiliary function in thermal comfort environments. However the data show a positive indication that the board has thermal behavior.

Keywords: thermal insulation, reuse, Long life packing, roofs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Multicamadas das embalagens longa vida	17
Figura 2 Placas recicladas de embalagens longa vida	19
Figura 3 Ciclo de vida das embalagens cartonadas	20
Figura 4 Esquema da transferência de calor por Convecção	22
Figura 5 Transferência de calor por condução	23
Figura 6 Transferência de calor através da radiação solar.....	25
Figura 7 Mecanismos de troca de calor em uma cobertura	27
Figura 8 Mecanismos de troca de calor sobre o forro	27
Figura 9 Embalagem aberta e suas dimensões	31
Figura 10 Costura das embalagens.....	31
Figura 11 Posição das faces escolhidas para a formação da placa	32
Figura 13 Registrado Eletrônico (Data Logger) com as ligações em fio Plastichumbo	33
Figura 12 Sensor Termopar, e ligação com fio plastichumbo	33
Figura 14 Layout de apresentação das leituras do Data Logger.....	34
Figura 15 Tubos com o posicionamento das aberturas para receber o substrato.....	35
Figura 16 Substrato de madeira, com formato arredondado.....	35
Figura 17 Tubos com os substratos de madeira e de PVC encaixados e selados a silicone.....	36
Figura 18 Lâmpadas acessas sobre os tubos	37
Figura 19 Experimento em funcionamento.....	37
Figura 20 Planta baixa com as dimensões adotadas para os protótipos	38
Figura 21 Corte do protótipo	38
Figura 22 Composição do Protótipo 1	39
Figura 23 Protótipo 1 em fase de construção	40
Figura 24 Protótipo 2 em fase de construção	40
Figura 25 Posicionamento vertical dos sensores	41
Figura 26 Posicionamento dos sensores em planta baixa	41
Figura 27: Posição dos sensores no interior do protótipo.....	42
Figura 28: Posição dos sensores abaixo da telha.....	42
Figura 29 Protótipos posicionados em campo.....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Primeiro dia de medições Com Placa	45
Gráfico 2: Segundo dia de medições Com Placa	45
Gráfico 3: Primeiro dia de medições Sem Placa	46
Gráfico 4: Segundo dia de medições Sem Placa	46
Gráfico 5: Variações de temperatura no PVC e na Madeira Sem a Placa	47
Gráfico 6: Variações de temperatura no PVC e na Madeira Com a Placa	48
Gráfico 7: Variação térmica nos ambientes internos entre os protótipos	49
Gráfico 8: Variação de temperatura acima e abaixo do forro do protótipo 2	50
Gráfico 9: Variação de temperatura acima e abaixo do forro do protótipo 1	51

LISTA DE SIGLAS

ABRE – Associação brasileira de embalagens.

CEMPRE - Compromisso empresarial para reciclagem

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

EMA- Estação Meteorológica Automática

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
Objetivos	14
1.2 Justificativa	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Embalagens Cartonadas	16
2.1.1 Reciclagem	18
2.1.2 Processos de reciclagem	19
2.2 Impacto ambiental e logística reversa	20
2.3 Mecanismos de Transferência de Calor e Conforto térmico	21
2.3.1 Convecção	22
2.3.2 Condução	23
2.3.3 Radiação	24
2.3.3.1 Absorção e reflexão	24
2.3.4 Conforto térmico e suas variáveis	25
2.4. Conforto térmico em habitações populares	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 Desenvolvimento Das Placas	30
3.2 Sensores Termopares e <i>Data Logger</i>	32
3.3 Experimento em Laboratório	35
3.4 Experimento em campo: Aplicação da placa em protótipos	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 Experimento em Laboratório	44
4.1.1 Simulações	44
4.2 Protótipos	48
4.2.1 Variações internas de temperatura	50
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	53
5.1 Conclusões	53
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

As embalagens são de extrema importância para o dia a dia das pessoas, pois viabilizaram o acesso e o transporte dos mais diversos produtos. As primeiras embalagens, no entanto, eram frágeis e muitas vezes pesadas, não proporcionando grandes vantagens aos produtos e aos consumidores. Os avanços na tecnologia modificaram as ultrapassadas embalagens frágeis e de baixíssima proteção aos alimentos, tornando-as embalagens modernas (BORGES, 2007). Surgiram então as embalagens cartonadas mais conhecidas como 'caixinhas longa vida' desenvolvidas a partir da necessidade de embalagens que protegessem os alimentos de forma eficaz, facilitando sua estocagem e aumentando seu prazo de validade sem a necessidade de refrigeração. Sendo constituídas por multicamadas de papel, plástico e alumínio, as embalagens protegem os alimentos de qualquer tipo de umidade, passagem de luz, oxigênio ou qualquer tipo de micro-organismos (NASCIMENTO et al. 2007).

De acordo com a Tetrapak (empresa líder mundial na fabricação de embalagens cartonadas) o uso comercial das embalagens cartonadas no Brasil teve início em 1957, desde então o mercado destas embalagens vem crescendo a cada ano, em 2012 foram consumidas em torno de 210 mil toneladas no país, sendo que apenas 29% (60,9 mil toneladas) foram recicladas (CEMPRE, 2014). Segundo Borges (2007, p.12) "se um ponto positivo é a longa duração dos alimentos embalados... um dos problemas provocado pela utilização é a geração de lixo de difícil reciclagem".

Em busca de encontrar meios para viabilizar a reciclagem e possibilitar as embalagens o retorno ao ciclo produtivo, algumas empresas têm investido na pesquisa de novas tecnologias, a partir das quais se torna possível utilizar o material obtido do processo de reciclagem das caixinhas longa vida, em indústrias como a da construção civil e de plásticos.

Embora o mercado de produtos reciclados venha crescendo com o passar dos anos, a maior parte das embalagens ainda é destinada à aterros sanitários ou mesmo lixões, o que acaba por agravar problemas ambientais, pois a natureza leva até 100 anos para decompor esse tipo de embalagem (CEMPRE,2014).

Paralelamente, o país vive um momento onde as políticas públicas voltadas à habitação de interesse social estão em alta, levando a construção de milhares de unidades por todo o país. Observa-se que essas moradias possuem uma única tipologia, que não leva em consideração a grande diversidade do clima nas diversas regiões do Brasil, ou seja, é adotada uma padronização que não exige a construção de laje ou qualquer tipo de elemento estrutural que possa auxiliar no conforto ambiental dessas habitações, e segundo Leão (2006, p.2), o baixo padrão construtivo em virtude da padronização nacional utilizada em programas de moradia popular, qualifica as unidades habitacionais como de baixo desempenho térmico.

O baixo desempenho térmico acaba gerando um alto consumo energético nas edificações. Em um momento em que o país vive uma crise energética as pesquisas voltadas a retratar essa situação se multiplicam, porém, ainda não trazem nenhuma forma viável que consiga unir uma solução técnica e econômica para este problema.

Na tentativa de buscar uma solução alternativa, e estando o conceito de conforto térmico diretamente ligado diversos fatores, entre eles destacando-se os materiais utilizados nas edificações a questão que se busca responder com este trabalho é: **é eficaz utilizar placas de embalagens longa vida para auxiliar no conforto térmico de ambientes?**

Objetivos

O objetivo geral deste estudo é desenvolver placas de embalagens longa vida, analisando o seu comportamento térmico e a viabilidade do seu emprego para auxiliar no conforto térmico de ambientes.

Como os objetivos específicos pretende-se:

- desenvolver placas térmicas na composição de duas embalagens sobrepostas;
- avaliar o desempenho térmico das placas construídas, a partir de experimento em laboratório, verificando nesta fase a influência da presença da placa, no comportamento térmico de diferentes materiais.
- empregar o material estudado sob o forro de um protótipo de residência;

- verificar se a presença da placa interferiu nas condições térmicas apresentadas no interior do protótipo estudado;
- apresentar o cenário de conhecimentos levantados com o estudo, de forma a relatar as possibilidades do uso das embalagens cartonadas no auxílio do conforto térmico em ambientes, ressaltando que esta técnica é sustentável e de baixo custo.

1.2 Justificativa

Visando conhecer dados para futuras pesquisas e tratar da importância do uso de tecnologias sustentáveis, o presente trabalho trata da análise do desempenho térmico de placas construídas com embalagens longa vida, procurando identificar a possibilidade do uso deste tipo de placa em substituição à de materiais de elevado custo, comercializados com função de auxiliar no conforto térmico de residências.

Apesar do crescente número de pesquisas sobre como tornar a utilizar embalagens, ainda não existe um meio, para fins de aplicação na construção civil, sem que as mesmas passem por processos industriais, o que eleva o custo e o acesso à reciclagem, tornando-se assim necessário um estudo que possa englobar a reutilização de forma simples e com um objetivo social e econômico.

Ressalta-se também que as embalagens caracterizam-se como um material de fácil acesso, de baixo ou nenhum custo, e que a produção desta placa, bem como sua aplicação não exigem mão de obra especializada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Embalagens Cartonadas

A evolução das embalagens acompanhou o desenvolvimento das tecnologias humanas, partindo da necessidade inicial do homem de armazenar água e alimentos em recipientes até o início das atividades comerciais e disseminação do uso das embalagens (BORGES, 2007).

Da evolução das embalagens surgiram as embalagens cartonadas, inicialmente projetadas pela multinacional sueca TetraPak no ano de 1951 (TETRAPAK), segundo Cunha (2011) estas embalagens se destacaram em comparação às tecnologias que haviam na época, pois até então os alimentos eram acondicionados em embalagens metálicas, de madeira e vidro. Desta forma, aliando praticidade e tecnologia, as embalagens cartonadas ganharam o mercado mundial e pelo fato de preservar o alimento por um longo período passaram a ser chamadas embalagens “longa vida”.

De acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2012) um dos objetivos das embalagens é proteger conteúdo do seu interior, e nesse sentido as embalagens cartonadas são muito eficientes pois mantêm os alimentos como o leite e sucos protegidos de fatores externos sem a necessidade de adição de conservantes. Além da conservação dos alimentos por períodos prolongados essas embalagens podem ser mantidas sem refrigeração o que representa uma economia de energia elétrica seja no transporte ou no armazenamento, a economia ainda está presente no fato de serem leves, embalagens de 1 litro pesam 28g e ocupam espaços pequenos o que contribui na economia de combustível no transporte (NASCIMENTO et al, 2007).

Para essa proteção, as embalagens são constituídas por três materiais, sendo papelão, polietileno e alumínio dispostos em 6 camadas que criam uma barreira que impede a entrada de luz, ar, água, micro-organismos e ao mesmo tempo preservam as características do alimento dentro da embalagem (ABRE, 2012).

A fusão dos materiais ocorre no processo de fabricação das embalagens, que se inicia com a impressão sobre o papel. Posteriormente ao formar um rolo e ser

impresso, segue para a laminadora onde é adicionado o polietileno de baixa densidade e a folha de alumínio. O polietileno utilizado é primeiramente recebido na forma de grãos e extrusados para formar uma lâmina que é aplicada sobre o papel e também possui a função de adesivo para unir o alumínio ao papel (NEVES, 2009).

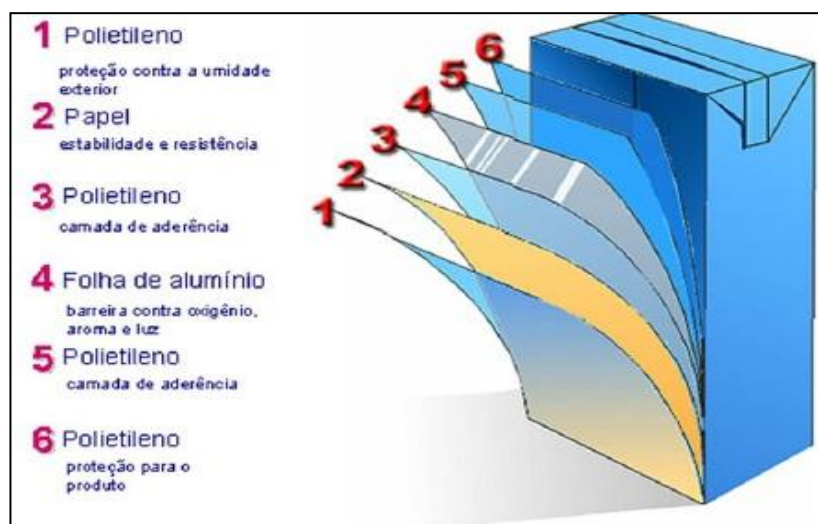
Conforme Nascimento (2007), o papel duplex corresponde a 75% da composição de cada unidade, e é formado por duas camadas unidas sem cola, tendo como objetivo oferecer suporte mecânico e resistência à embalagem, além de receber a impressão do rótulo.

O polietileno de baixa densidade é o polímero que corresponde 20% do peso da embalagem e está presente em quatro camadas, tendo a função de isolar o papel da umidade externa, impedir o contato do alumínio com o alimento do interior e oferecer aderência do papel ao alumínio (BORGES, 2007).

Ainda segundo Borges (2007) o alumínio representa apenas 5% da embalagem e tem a função de evitar a passagem de luz, oxigênio e micro-organismos evitando que entrem em contato com os alimentos acondicionados, pois as folhas de alumínio utilizadas são impermeáveis à umidade e gases.

A disposição das camadas que compõem a embalagem é apresentada conforme a Figura1.

Figura 1 Multicamadas das embalagens longa vida



Fonte: ECOTELHADO (2014, não paginado)

De acordo com Nascimento (2007), esta combinação de diferentes materiais (papel, polietileno e alumínio além da tinta presente na impressão dos rótulos) faz com que as embalagens longa vida apresentem um caráter de compósito laminado, sendo, portanto materiais de difícil reciclagem em função de agregar materiais com características químicas e físicas distintas, além do fato de haver grande dificuldade na separação de seus componentes.

2.1.1 Reciclagem

Atualmente a gestão dos resíduos sólidos passou a receber maior atenção quanto a sua reutilização e possível reciclagem. Apesar de constituírem um material compósito laminado, segundo Zortea (2001) as embalagens cartonadas são recicláveis.

Em busca de soluções através da pesquisa, e a fim de desenvolver a reciclagem para suas embalagens cartonadas no Brasil, em 1996 a Empresa TetraPak enviou fardos de embalagens pós-consumo à fabricantes de equipamentos de reciclagem a fim de que realizassem testes e fosse definido o melhor processo de tratamento para reciclar as embalagens (ABREU, 2002).

Desde então os processos de reciclagem para os materiais contidos na embalagem foram estabelecidos, mas apesar de haver a possibilidade de reciclagem individual do papel, alumínio e polietileno, o seu reaproveitamento a partir da embalagem longa vida não se trata de um processo simples como nos processos individuais dos materiais pois o método tradicional de reciclagem adotado permite a separação do papel, porém mantém os demais materiais unidos (NASCIMENTO et al. 2007).

O mercado das embalagens cartonadas cresce a cada ano no Brasil, em 2012 foram consumidas em torno de 210 mil toneladas, destas apenas 29% foram recicladas segundo CEMPRE, ou seja, embora o número de produtos reciclados venha crescendo com o passar dos anos, a maior parte das embalagens ainda é destinada à aterros sanitários ou mesmo lixões. Conforme Cunha (2011) até o ano de 2008 das 5 milhões de embalagens produzidas ao ano, apenas 1 milhão e 330

mil eram recicladas, restando 3 milhões 670 mil embalagens para serem destinadas a aterros ou lixões.

O desafio de aumentar o número de embalagens recicladas ou reaproveitadas passa por processos industriais complexo, levando-se a pensar em novos métodos ou maneiras mais simples e pr de reaproveitamento destas embalagens.

2.1.2 Processos de reciclagem

Pela embalagem ser constituída de três materiais diferentes, o processo de reciclagem consiste na separação das camadas desta embalagem. De acordo com Neves (2009), esse processo é realizado em duas etapas distintas, sendo a retirada da polpa de papel e posterior reciclagem do plástico com alumínio. Cunha (2011) afirma que esse processo de separação ocorre em indústrias de diversos ramos, que retiram da embalagem longa vida o material do seu interesse.

Atualmente apenas um destes processos de reciclagem dá origem a um produto com utilização na construção civil, sendo este a termoformação de placas e telhas a base de plástico e alumínio extraídos das. Estas telhas podem ser aplicadas na forma de tapumes de canteiros de obras, bem como em telhados, porém neste caso, ainda há poucos estudos sobre o seu comportamento. A figura 2 a seguir mostra as placas formadas de resíduos das embalagens.

Figura 2 Placas recicladas de embalagens longa vida



Fonte: CULTURA AMBIENTAL (2009, não paginado)

2.2 Impacto ambiental e logística reversa

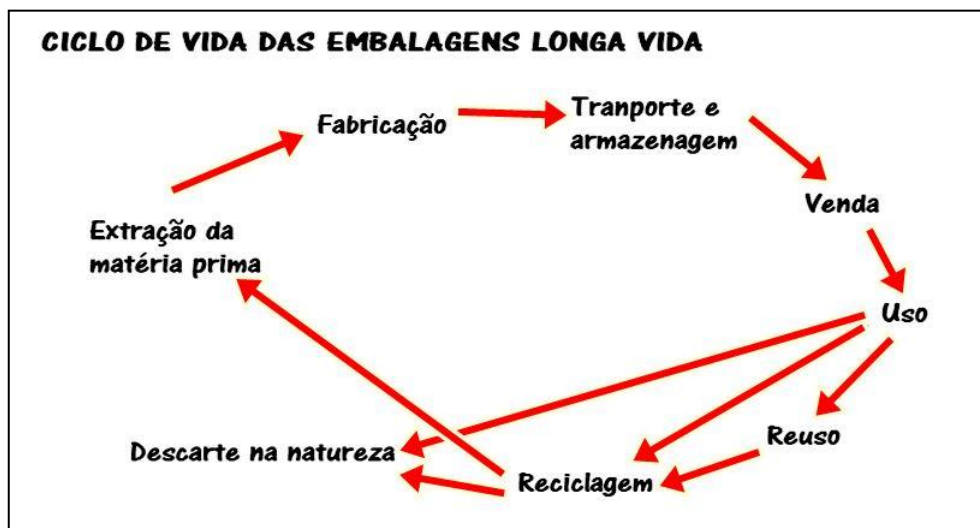
A maioria das indústrias descartam resíduos que impactam negativamente o meio ambiente, e como consequência disso, as próprias sofrem com a má qualidade de suas matérias-primas ou mesmo falta de recursos naturais antes abundantes.

A logística reversa é um ramo da logística que se volta a movimentação de produtos, desde o ponto onde até descartado após o consumo até o ponto onde foi produzido (GUARNIERI, 2011). Cabe à logística reversa operacionalizar os procedimentos de revalorização de bens pós-consumo, tornando viável o retorno das embalagens então descartadas pelo consumidor, ao ciclo de produção ou mesmo proporcionando a destinação mais adequada para os resíduos.

Todos os produtos possuem um ciclo de vida útil antes do descarte, as embalagens possuem um ciclo de vida muito curto, logo após a sua utilização são descartadas no meio-ambiente, segundo Campos (2006) a maioria destes materiais não retornam à um ciclo de produção ou são reaproveitados, o que gera um problema de cunho ambiental com a disposição de produtos pós-consumo em áreas abertas, ou mesmo na natureza.

A Figura 3 apresenta o ciclo de vida de uma embalagem cartonada, destacando a possibilidade de reuso e reciclagem para aumentar o ciclo útil.

Figura 3 Ciclo de vida das embalagens cartonadas



Fonte: Elaboração Própria, (2015).

Neste sentido, de acordo com Guarnier (2011), a logística reversa de pós-consumo vem se caracterizar pelo planejamento de controle e disposição final de produtos logo após a sua utilização, visando que estes bens de pós consumo possam ser enviados a destinos como aterros sanitários ou mesmo retornar ao ciclo produtivo através de reciclagem ou reuso, de forma a estender a vida útil dos materiais constituintes.

Desta forma a logística reversa de pós-consumo está diretamente ligada à fatores ambientais e tem como objetivo diminuir os impactos ambientais que embalagens pós-uso causariam se não retornassem ao ciclo produtivo.

Segundo Campos (2006) as empresas utilizam do processo de logística reversa com o intuito de buscar um posicionamento ecologicamente correto no mercado, propondo atingir metas através do desenvolvimento sustentável e de sistemas de gestão ambiental.

Segundo a empresa Tetrapak (2014), tratar o lixo como matéria-prima, que é reaproveitada para fazer novos produtos contribui diretamente para a conservação do meio ambiente, pois gera a diminuição da quantidade de lixo enviada aos aterros sanitários e diminui a extração de recursos naturais.

2.3 Mecanismos de Transferência de Calor e Conforto térmico

O calor é uma forma de energia térmica que em trânsito se propaga entre dois pontos de um mesmo corpo, ou de um corpo para outro, devido a uma diferença de temperatura (MORAES, 2002).

Através dos conhecimentos relacionados a trocas de calor e do comportamento térmico dos materiais, é possível intervir na temperatura de ambientes e amenizar aspectos relativos a conforto térmico. As trocas de calor podem ocorrer através de três mecanismos diferentes, sendo por convecção, condução e radiação.

2.3.1 Convecção

A convecção é um dos mecanismos de troca de calor que ocorre entre dois corpos, onde um deles deve ser sólido e o outro fluido, sendo este líquido ou gás (FROTA et al, 2001).

A transferência de energia por convecção de uma superfície que se encontra a uma temperatura mais elevada do que a encontrada no fluido que a envolve, ocorrendo a condução do calor que flui na superfície para a massa de fluido, ao ter sua temperatura elevada esta massa quente se move para uma região de temperatura mais baixa no fluido, onde as temperaturas dentro do fluido se misturarão, este mecanismo é viabilizado através de movimento do próprio fluido com a ação da gravidade (MORAES, 2002).

Ou seja essa movimentação ocasiona um transporte de energia, ou fluxo de calor por convecção. A convecção ocorre em consequência das diferenças de densidade no fluido. Tomado como exemplo o ar, é possível avaliar que quando o calor é conduzido de uma superfície para o ar, este ar então aquecido é menos denso que o ar frio, de modo que o ar mais denso desce e movimentando o ar mais quente para cima. A figura 4 apresenta o esquema de ocorrência da convecção.

Figura 4 Esquema da transferência de calor por Convecção



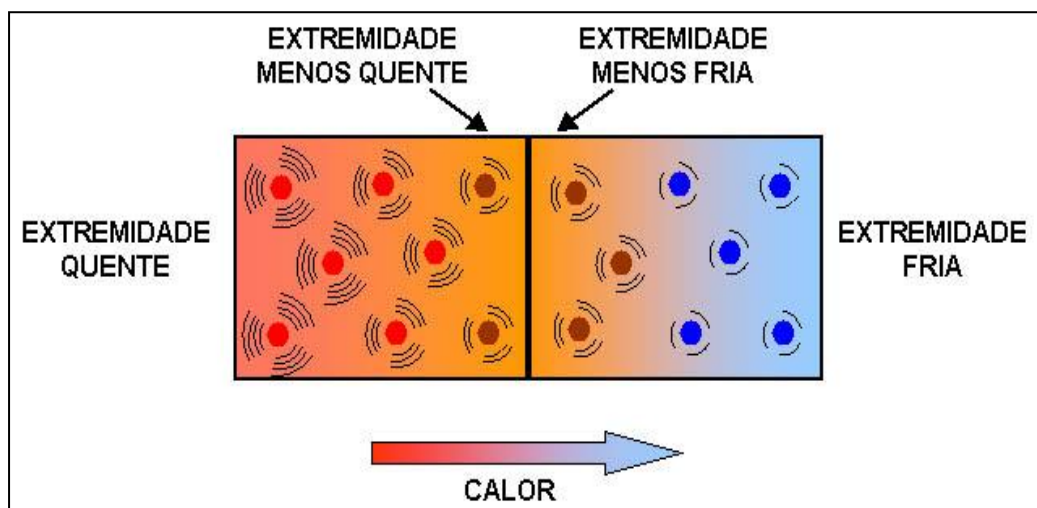
Fonte: Elaboração Própria (2015)

2.3.2 Condução

Mecanismo de troca de calor que ocorre entre dois corpos em contato físico direto, ou mesmo dentro de um mesmo corpo que esteja a temperaturas diferentes, havendo gradiente de temperatura. A transferência de calor ocorre de temperaturas mais altas para mais baixas, sendo a capacidade de condução de calor, chamada condutividade térmica, este valor varia consideravelmente entre os materiais (FROTA, 2001) .

De acordo com Moraes (2002), como o calor se propaga através de um meio material, de forma que a transferência se dá de partícula para partícula, os materiais mais densos (que apresentam mais partículas por unidade de volume), conduzem calor com maior facilidade, caracterizando-se bons condutores, em contrapartida os menos densos como líquidos e gases não são bons condutores. Os materiais onde a condução de calor é praticamente nula, são considerados isolantes térmico. A figura 5 apresenta a transferência de calor por condução dentro de um corpo.

Figura 5 Transferência de calor por condução



Fonte: BERNUY, A.C.(2008, p.7)

2.3.3 Radiação

A radiação pode ser considerada o mecanismo mais importante da transferência e propagação de calor, pois é através deste que o calor do Sol chega até a superfície da Terra.

Neste processo ocorre a troca de calor entre dois corpos, não importando a distância que os separa, através de ondas eletromagnéticas de calor (MORAES, 2002). Este mecanismo ocorre através capacidade dos corpos de emitir e de absorver energia térmica. Há fatores que interferem nas trocas de radiação, como as temperaturas, os aspectos geométricos e físicos das superfícies envolvidas e, principalmente, a emissividade térmica da superfície (FROTA et al, 2001).

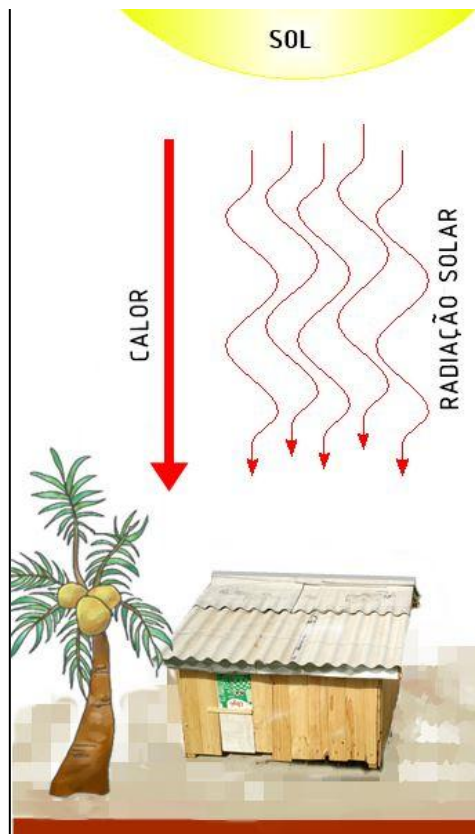
2.3.3.1 Absorção e reflexão

Segundo Frota (2002) a radiação térmica incidente sobre um corpo toma duas diferentes formas, sendo uma parte absorvida e outra refletida pelo corpo. Corpos escuros absorvem grande parte da radiação incidente sobre eles, enquanto superfícies claras, ou brilhantes, tendem a refletir quase toda a radiação térmica que incidir sobre elas.

Materiais que absorvem toda a radiação incidente são chamados de 'corpo negro', sendo materiais que absorvem todo o calor que incidir sobre eles.

A emissividade térmica é uma característica dos materiais que corresponde a uma relação do comportamento deste material em relação ao comportamento do corpo negro quando nas mesmas condições. Logo esta variação pode variar de zero a um, onde quanto mais próximo de zero, menos radiação este material absorve (se difere do corpo negro), e quanto mais próximo de um, a relação estabelece que o material possui características semelhantes ao corpo negro (mais radiação absorve).

Materiais com baixa emissividade possuem a característica de serem bons refletores. A figura 6 apresenta a transferência de calor na forma de radiação solar sobre uma edificação.



Fonte: Elaboração Própria(2015)

2.3.4 Conforto térmico e suas variáveis

O conceito de conforto térmico está diretamente ligado diversos fatores, tanto em relação ao clima, como de materiais utilizados nas edificações. Segundo Frota (2001) dentre os fatores climáticos que mais interferem no desempenho térmico dos ambientes estão as oscilações diárias e anuais da temperatura e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade, e o sentido dos ventos e índices pluviométricos. Esses fatores variam conforme a região e a estação do ano.

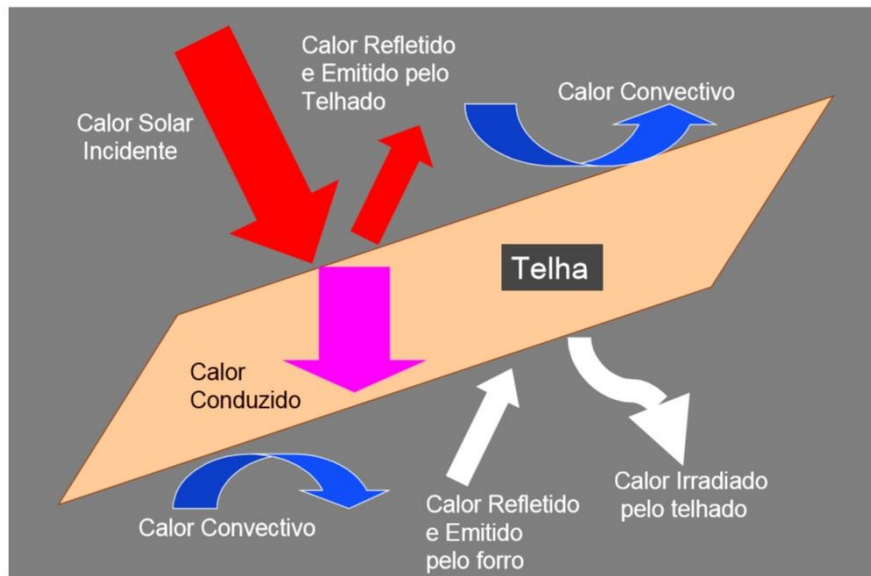
De acordo com Vittorino (2003) o conhecimento das diversas alternativas para isolamento térmica dos elementos de edificação, referente as propriedades dos materiais utilizados nas construções (como uso de materiais térmicos), pode ser útil na busca de construções que visam a economia de energia e proporcionem condições satisfatórias de conforto térmico aos usuários.

Outro fator que deve ser considerado no auxílio de um ambiente termicamente confortável é a ventilação dos ambientes construídos. A ventilação provoca a movimentação e renovação do ar do ambiente, sendo de grande importância para o conforto térmico especialmente nas estações quentes. Segundo Frota (2001) a ventilação natural é o deslocamento do ar através das construções, através de aberturas, onde umas funcionam como entrada de ar e outras como saída. Esta renovação do ar dissipa o calor, tornando a ventilação natural um dos meios de controle térmico do ambiente. Desta forma as aberturas podem ser posicionadas nas edificações de modo a permitir a movimentação do ar nos ambientes.

É possível interferir no controle térmico de ambientes através da escolha dos materiais utilizados nos elementos da edificação. Uma das alternativas mais frequentes é uso de materiais de baixa emissividade ou também de materiais que se caracterizam maus condutores, de forma que o primeiro não absorve o calor irradiado sobre a edificação e o outro tem a tendência a reter o calor no ambiente, pois dificulta a troca de calor.

O desempenho térmico de uma residência resulta do desempenho de todos os elementos que a compõem, como paredes, coberturas, e aberturas, porém sabe-se que “a face componente de uma edificação responsável pela maior transmissão de calor ao interior da mesma é a cobertura, por ser mais exposta à radiação direta do sol” (SPANNENBERG, 2006, p.56). Desta forma, no que se relaciona a coberturas a forma mais usual de reduzir os ganhos de calor é diminuir a absorção da energia solar através do uso de materiais de alta refletância na sua face externa ou reduzir a quantidade de energia térmica irradiada para o interior dos recintos, com o emprego de materiais de baixa emissividade. A figura 7 demonstra os mecanismos de calor que agem na estrutura de coberturas.

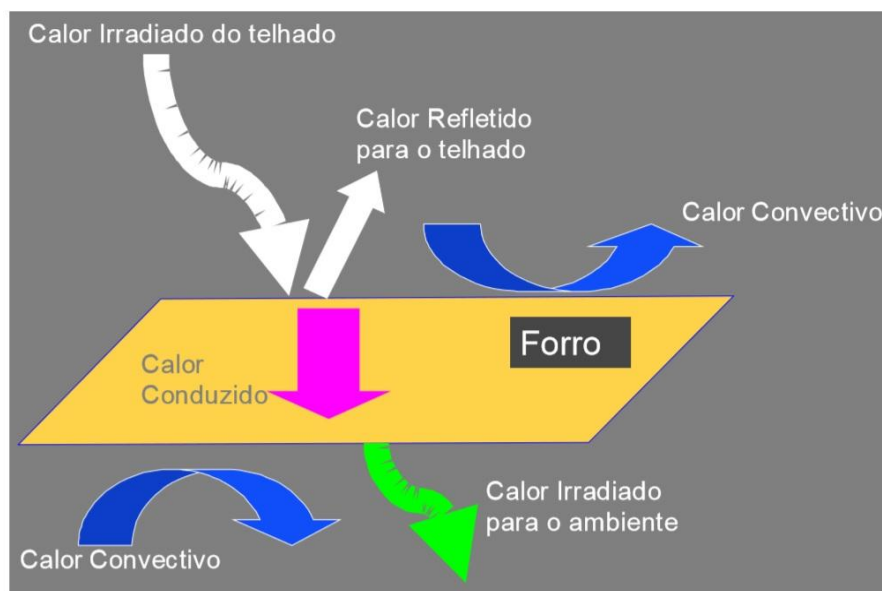
Figura 7 Mecanismos de troca de calor em uma cobertura



Fonte: VITTORINO, F. et al.(2003, p.1278)

Outra maneira de auxiliar no conforto térmico de ambientes, é utilizando materiais maus condutores na forma de forro, a estrutura física do forro forma uma barreira que impede o calor originado pela insolação sobre a cobertura de se propagar para o ambiente interno, se este possuir características isolantes, dificultará a passagem do calor . A Figura 8 apresenta os mecanismos de troca de calor que agem sobre o forro.

Figura 8 Mecanismos de troca de calor sobre o forro



Fonte: VITTORINO, F. et al.(2003, p.1278)

Sendo o ar um mau condutor, os espaços não ventilados entre duas superfícies podem funcionar como uma camada térmica, "...a camada de ar provê uma resistência à passagem do calor, a qual depende da espessura e das características das superfícies que a envolvem" (LABAKI, 2003, p.4). Desta forma, a camada de ar formada entre o telhado e o forro, pode ser considerada um obstáculo que impede a propagação do calor para o ambiente auxiliando no conforto térmico.

2.4 Conforto térmico em habitações populares

De acordo com Morello (2005), o déficit habitacional brasileiro é um problema muito conhecido, e apesar de haver muitas tentativas por parte do poder público para solucionar esse problema, na maioria das vezes, a ênfase na geração quantitativa de construções que atendam a população carente, deixa de lado aspectos qualitativos, como o conforto térmico que acaba por ser ignorado. Esse fato se confirma na maioria das casas pertencentes a população de baixa renda, que acaba visando o menor gasto em suas construções, não dando a devida importância a qualidade dos materiais utilizados.

Observa-se também que essas moradias populares possuem uma tipologia padrão, que não leva em consideração a diversidade do clima e da cultura nas diversas regiões do país, desta forma é adotada uma padronização que não exige a construção de laje ou qualquer tipo de elemento estrutural, ou de vedação que possa auxiliar no conforto ambiental dessas habitações. Conforme Leão (2006) as habitações planejadas apenas para cumprir metas sociais e políticas sofrem com a diversidade de climas existentes no Brasil, pois o baixo padrão construtivo adotado em programas de moradia popular qualifica as unidades habitacionais como de baixo desempenho térmico.

Segundo Spannenberg (2006, p.5), "quando não se levam em conta características climáticas da região e as necessidades e características culturais dos usuários, criam-se habitações impróprias e precárias, com péssimas condições de conforto ambiental". Ainda de acordo com Carvalho (2012, p.22), "projeto arquitetônico dessas unidades, na sua maioria, utiliza o conceito de moradia mínima nas propostas de racionalização das tipologias".

As consequências da condição térmica desfavorável são, em geral, residências que apresentam grande consumo de energia para condicionamento de ar no verão ou para aquecimento no inverno como é o caso das cidades situadas na região sul, ou mesmo situações em que a permanência no ambiente da moradia, torna-se bastante desagradável para seus ocupantes (KRUGER, E.L. E ZANNIN P.T. 2006). Ou seja, o baixo desempenho térmico acaba gerando um alto consumo energético para a obtenção de conforto, consumo que acarreta em custos elevados ao consumidor.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos utilizados para avaliar o desempenho térmico de placas desenvolvidas com embalagens longa vida, verificando a influência desta placa no desempenho térmico de materiais geralmente utilizados em forros de residências.

Foram testadas placas compostas por duas camadas de embalagens cartonadas, primeiramente em experimentos realizados em laboratório e posterior em campo através da aplicação em protótipos.

O trabalho foi realizado em duas etapas, de forma que permitiu avaliar o desempenho de modelos da placa quando fixada sobre diferentes materiais, e quando aplicadas em protótipos.

Ambos os experimentos foram realizados no decorrer do mês de junho, portanto em uma estação que predominam temperaturas baixas.

3.1 Desenvolvimento Das Placas

Primeiramente foram desenvolvidas as placas de embalagens cartonadas. Para ambos os experimentos foram confeccionados um modelo de placa compostos por duas camadas de embalagens costuradas de forma a apresentar a superfície metálica(alumínio) para o lado externo. Para isso, primeiramente as embalagens usadas foram abertas, limpas e recortadas a fim de apresentarem um tamanho padrão. A figura 9 apresenta a embalagem após limpa e aberta.

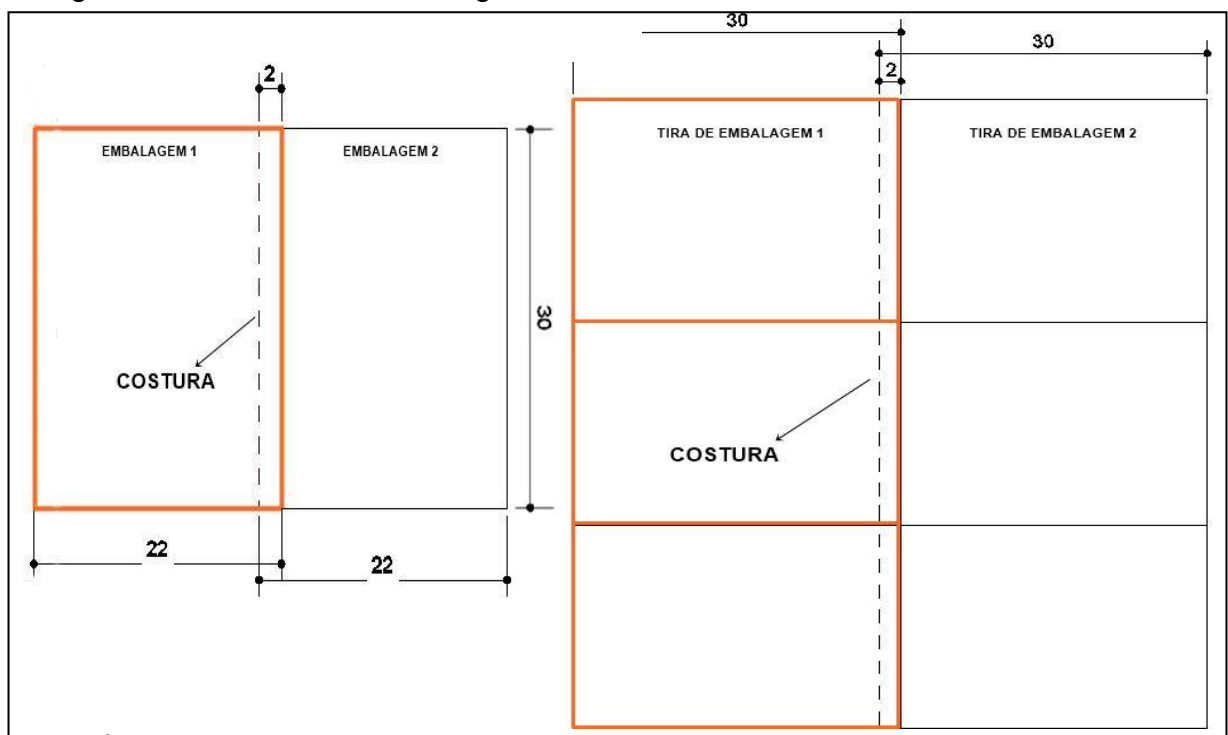
Figura 9 Embalagem aberta e suas dimensões



Fonte: Elaboração Própria(2015)

Em seguida as embalagens foram costuradas uma ao lado da outra, com sobreposição de 2 cm, formando tiras, e finalmente costurou-se uma tira sobre a outra. As imagens apresentadas na figura 10 a seguir apresentam um esquema das costuras da placa.

Figura 10 Costura das embalagens



Fonte: Elaboração Própria(2015)

A posição das embalagens na formação da placa, se deve ao fato de que a superfície interna é brilhante e assim apresenta baixa emissividade e alta capacidade de refletir do calor irradiado.

Figura 11 Posição das faces escolhidas para a formação da placa



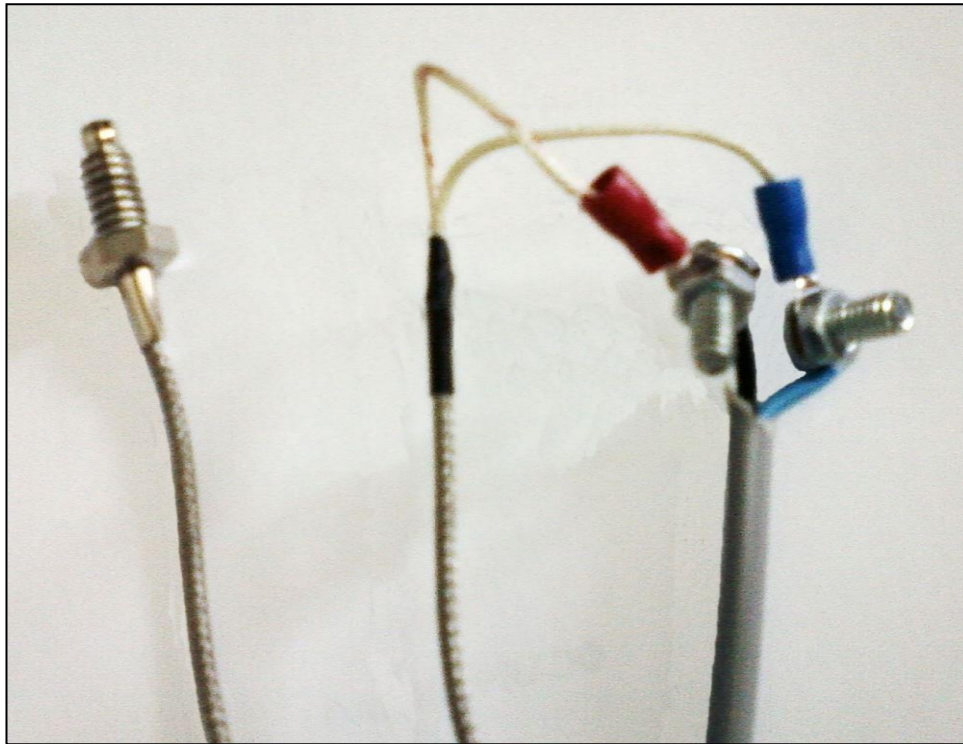
Fonte: Elaboração Própria(2015)

3.2 Sensores Termopares e *Data Logger*

Os dados de temperatura foram obtidos através de quatro sensores termopares, previamente calibrados e ligados à um registrador eletrônico (unidade de memória central), equipamento denominado *data logger*. Este equipamento por sua vez, tornou possível a leitura e armazenamento dos dados de temperatura realizados em cada medição, sendo configurado de forma a gravar as temperaturas apontadas nos sensores no intervalo de uma hora.

A ligação dos sensores até o registrador de dados, foi feita através de fios PlastiChumbo 2x 0,75mm² de 75 cm de comprimento da ligação nos termopares até o *data logger*.

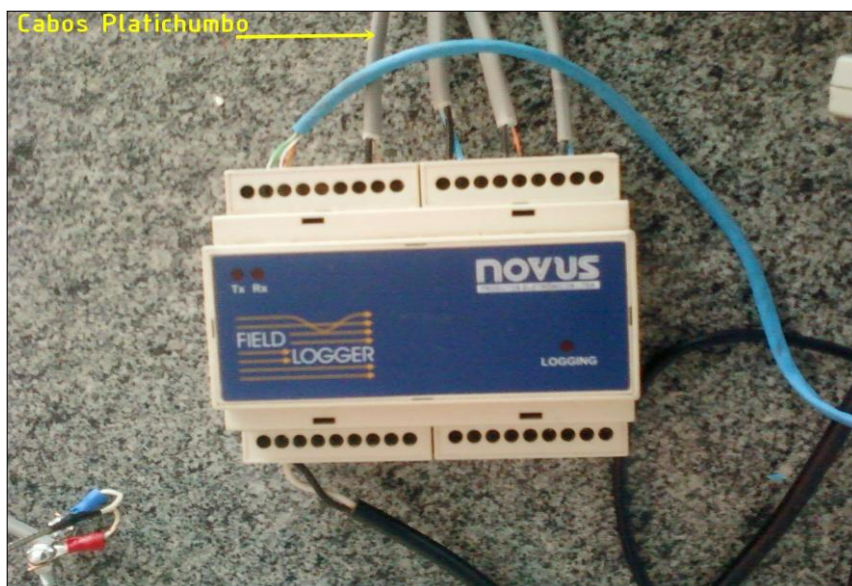
A figura 12 apresenta o sensor termopar utilizado e a ligação que foi realizada com o fio plastichumbo.



Fonte: Elaboração Própria(2015)

A figura 13 apresenta o registrador eletrônico utilizado para as medições denominado Field Logger da marca Novus, e as ligações realizadas com fio PlastiChumbo.

Figura 13 Registrado Eletrônico (Data Logger) com as ligações em fio PlastiChumbo

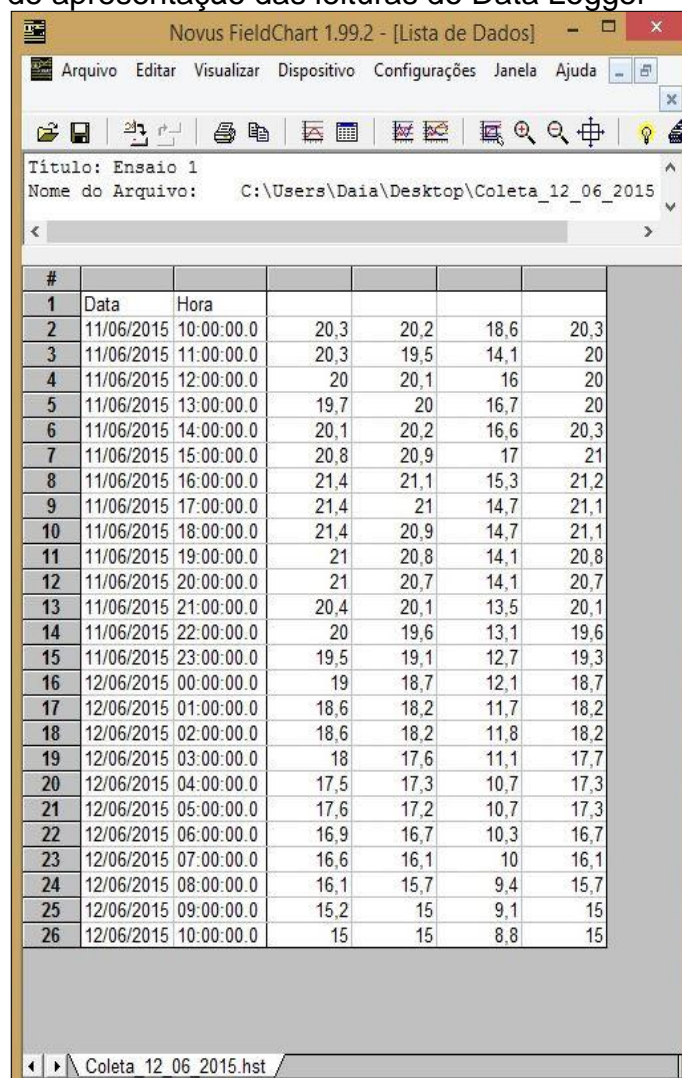


Fonte: Elaboração própria(2015)

O *data logger* nos permite obter as leituras, através de tabelas e gráficos. As leituras foram realizadas diariamente, pois como se utilizou uma versão DEMO para acessar o Field Logger, a capacidade de armazenagem de dados do equipamento ficou restrita a 200 leituras.

A figura 14 apresenta a interface do programa de monitoramento de temperatura, durante a primeira leitura realizada. Cada coluna corresponde aos dados de um sensor.

Figura 14 Layout de apresentação das leituras do Data Logger



The screenshot shows the Novus FieldChart 1.99.2 software interface. The title bar reads "Novus FieldChart 1.99.2 - [Lista de Dados]". The menu bar includes "Arquivo", "Editar", "Visualizar", "Dispositivo", "Configurações", "Janela", and "Ajuda". The toolbar contains various icons for file operations and data visualization. The main window displays the following information:

Título: Ensaio 1
Nome do Arquivo: C:\Users\Daia\Desktop\Coleta_12_06_2015

The data table below shows 26 rows of sensor readings. The first two columns are labeled "#", "Data", and "Hora". The remaining columns represent four different sensors.

#	Data	Hora	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
1						
2	11/06/2015	10:00:00.0	20,3	20,2	18,6	20,3
3	11/06/2015	11:00:00.0	20,3	19,5	14,1	20
4	11/06/2015	12:00:00.0	20	20,1	16	20
5	11/06/2015	13:00:00.0	19,7	20	16,7	20
6	11/06/2015	14:00:00.0	20,1	20,2	16,6	20,3
7	11/06/2015	15:00:00.0	20,8	20,9	17	21
8	11/06/2015	16:00:00.0	21,4	21,1	15,3	21,2
9	11/06/2015	17:00:00.0	21,4	21	14,7	21,1
10	11/06/2015	18:00:00.0	21,4	20,9	14,7	21,1
11	11/06/2015	19:00:00.0	21	20,8	14,1	20,8
12	11/06/2015	20:00:00.0	21	20,7	14,1	20,7
13	11/06/2015	21:00:00.0	20,4	20,1	13,5	20,1
14	11/06/2015	22:00:00.0	20	19,6	13,1	19,6
15	11/06/2015	23:00:00.0	19,5	19,1	12,7	19,3
16	12/06/2015	00:00:00.0	19	18,7	12,1	18,7
17	12/06/2015	01:00:00.0	18,6	18,2	11,7	18,2
18	12/06/2015	02:00:00.0	18,6	18,2	11,8	18,2
19	12/06/2015	03:00:00.0	18	17,6	11,1	17,7
20	12/06/2015	04:00:00.0	17,5	17,3	10,7	17,3
21	12/06/2015	05:00:00.0	17,6	17,2	10,7	17,3
22	12/06/2015	06:00:00.0	16,9	16,7	10,3	16,7
23	12/06/2015	07:00:00.0	16,6	16,1	10	16,1
24	12/06/2015	08:00:00.0	16,1	15,7	9,4	15,7
25	12/06/2015	09:00:00.0	15,2	15	9,1	15
26	12/06/2015	10:00:00.0	15	15	8,8	15

The status bar at the bottom shows the file path: "Coleta_12_06_2015.hst".

Fonte: Elaboração Própria(2015)

3.3 Experimento em Laboratório

O experimento em laboratório baseou-se na montagem de ambientes fictícios separados de uma fonte de calor contínua, por uma barreira de determinado material. Para o desenvolvimento de ambientes fictícios foram adotados tubos de PVC de diâmetro 100 mm e 500 mm de comprimento. Os materiais adotados para formar a barreira apresentam-se com facilidade na forma de forros de residências, sendo o PVC e a madeira de Pinus, a escolha por estes, se deu também pelo fato de apresentarem diferentes propriedades de condutividade térmica. Utilizou-se substratos de 1cm de espessura destes materiais, que foram acoplados ao tubo de PVC, à uma altura de 19 cm da base.

Os substratos foram moldados na forma arredondada em uma das extremidades para a não haver necessidade de corte total dos tubos, ou seja o formato permitiu que abertura no tubo fosse feita até a metade de seu diâmetro, a partir da onde se encaixou o substrato. A abertura de 1 cm de espessura nos tubos foi feita com uso de serrote, e alinhadas com esmeril.

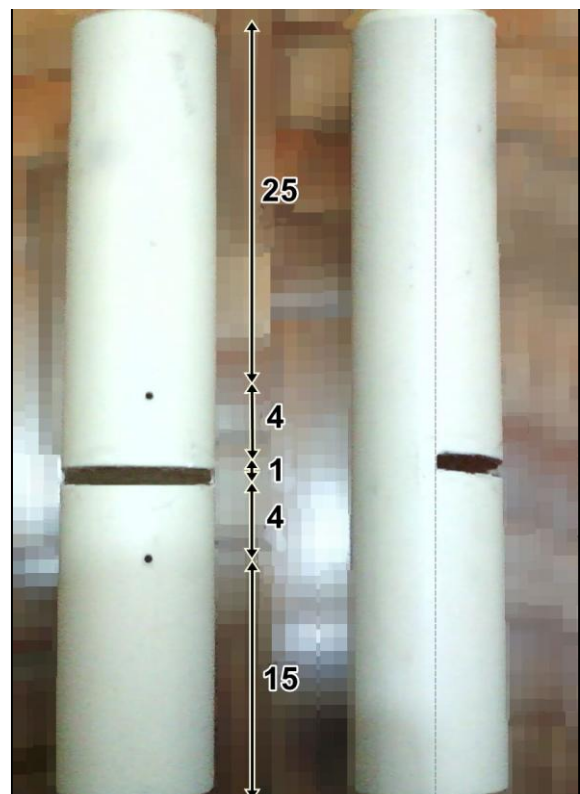
As figuras 15 e 16 apresentam o formato do substrato, moldado a partir do diâmetro interno do tubo, e as aberturas feitas nos tubos, de forma a encaixá-los.

Figura 16 Substrato de madeira, com formato arredondado



Fonte: Elaboração Própria(2015)

Figura 15 Tubos com o posicionamento das aberturas para receber o substrato



Após encaixados os substratos de madeira e de PVC as superfícies em contato com o tubo foram vedadas com silicone de modo a não permitir a passagem de ar, ou provocar a perda de calor sobre a placa. A figura 17 apresenta os tubos com os substratos encaixados.

Figura 17 Tubos com os substratos de madeira e de PVC encaixados e selados a silicone



Fonte: Elaboração Própria(2015)

Para manter a posição dos sensores na mesma cota em ambos os tubos, foram feitos furos com furadeira, nos quais os sensores foram rosqueados. Os sensores foram posicionados de forma a se obter as temperaturas logo abaixo da lâmpada a 25 cm da extremidade superior e logo abaixo de ambos os substratos (4m cm abaixo dos substratos), enquanto um dos sensores ficou posicionado no ambiente externo para registrar as temperaturas externas ao sistema simulado.

Na extremidade superior do tubo foram colocadas lâmpadas incandescentes de 40 Watt, a fim de promover aquecimento constante sobre a placa no interior do tubo. A figura 18 apresenta o posicionamento das lâmpadas já acesas sobre os tubos.

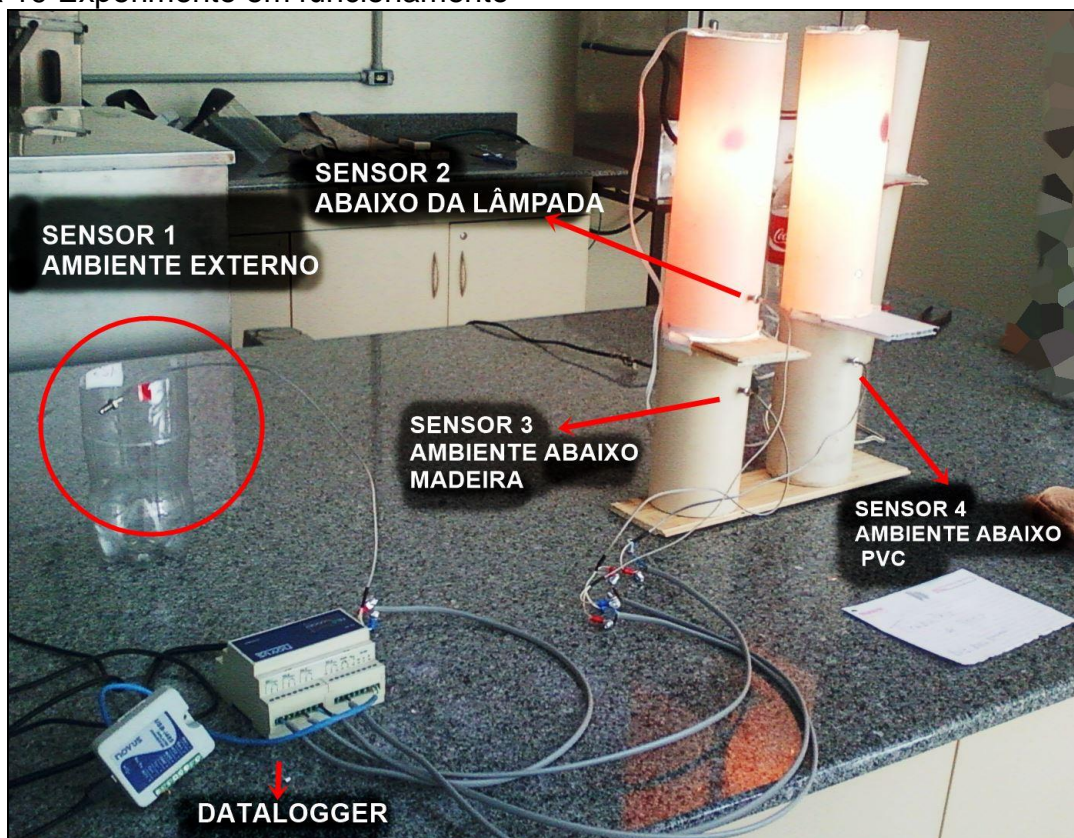
Figura 18 Lâmpadas acessas sobre os tubos



Fonte: Elaboração Própria(2015)

A figura 19 a seguir apresenta o experimento montado, com a identificação do posicionamento dos sensores.

Figura 19 Experimento em funcionamento



Fonte: Elaboração Própria(2015)

As simulações foram realizadas com e sem a presença da placa cartonada acoplada sobre os substratos, sendo que a fixação das placas sobre estes foi realizada com aplicação de silicone em apenas um ponto posicionado na extremidade arredondada do substrato.

3.4 Experimento em campo: Aplicação da placa em protótipos

Foram construídos dois protótipos (idênticos) de residências sendo adotada a escala de 1:6, tendo como base as dimensões estipuladas de uma residência popular. As dimensões dos protótipos em planta baixa e corte, são apresentadas nas figuras 20 e 21 a seguir.

Figura 20 Planta baixa com as dimensões adotadas para os protótipos

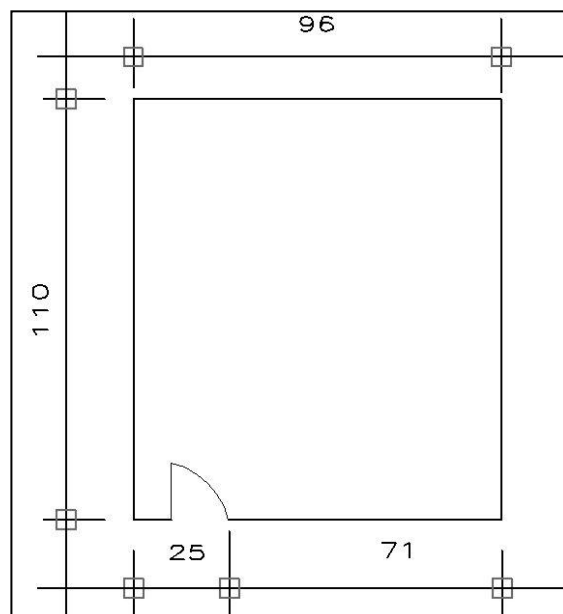
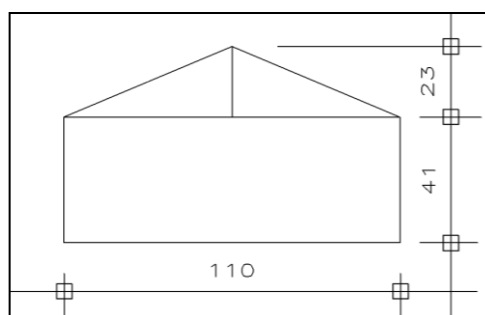


Figura 21 Corte do protótipo

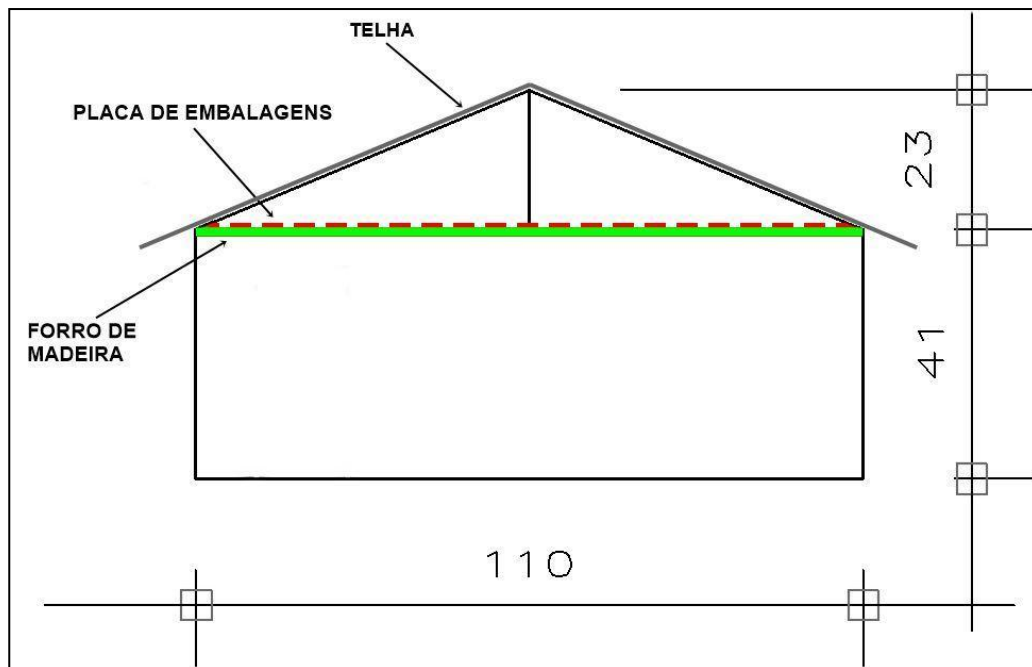


Fonte: Elaboração Própria(2015)

As casas foram construídas em madeira de Pinus e contando com a cobertura em telhas fibrocimento, pois estas telhas apresentam um desempenho térmico muito baixo por apresentarem espessuras pequenas permitindo a passagem de calor para o interior das residências.

A composição do protótipo 1 é apresentada na figura 22:

Figura 22 Composição do Protótipo 1



Fonte: Elaboração Própria(2015)

No protótipo 1 a placa de embalagens de 96x110 cm² foi fixada sobre o forro de Pinus ainda fase de construção, com pregos 12x12, já o protótipo 2 foi mantido o forro porém sem a placa. As figuras 23 e 24 apresentam ambos os protótipos em fase de construção.

Figura 23 Protótipo 1 em fase de construção



Fonte: Elaboração Própria(2015)

Figura 24 Protótipo 2 em fase de construção



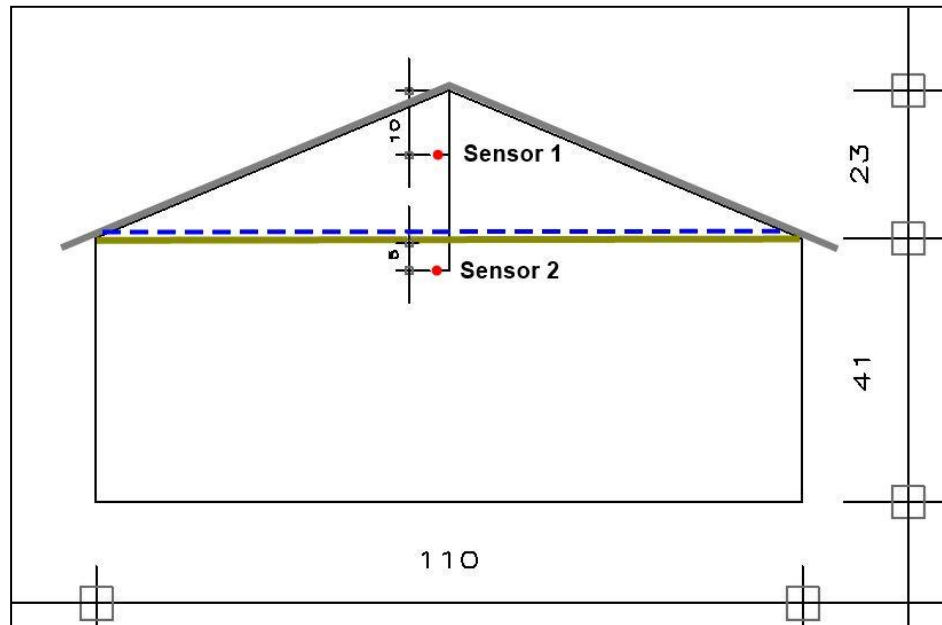
Fonte: Elaboração Própria(2015)

O equipamento utilizado para monitorar as temperaturas, foi o mesmo utilizado em laboratório, sendo quatro sensores termopares ligados ao *data logger*. Os sensores foram posicionados de forma a registrarem as temperaturas logo

abaixo das telhas à 10 cm da cumeira, e no ambiente interno, 5 cm abaixo do forro . Em ambas as casas os sensores foram posicionados nos mesmos locais.

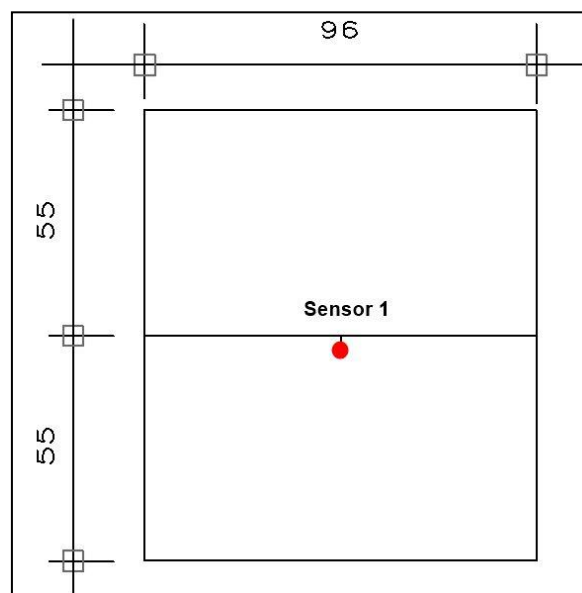
Figuras 25 e 26 apresentam a posição vertical e em planta baixa dos sensores (medidas em centímetro).

Figura 25 Posicionamento vertical dos sensores



Fonte: Elaboração Própria(2015)

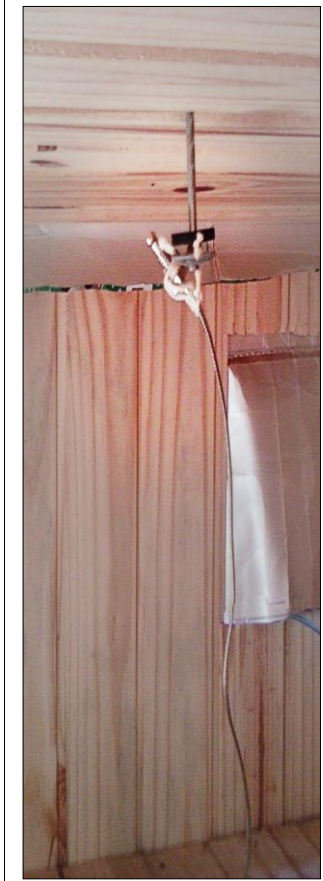
Figura 26 Posicionamento dos sensores em planta baixa



Fonte: Elaboração Própria(2015)

As figuras 27 e 28 mostram, respectivamente, a posição dos sensores dentro do protótipos e abaixo das telhas.

Figura 28: Posição dos sensores no interior do protótipo



Fonte: Elaboração Própria (2015)

Figura 27: Posição dos sensores abaixo da telha



Fonte: Elaboração Própria (2015)

Para registro de temperatura externa fez-se uso dos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o município de Alegrete-RS. Os dados fornecidos pelo INMET são provenientes de uma Estação Meteorológica Automática (EMA), que coleta, de minuto em minuto, as informações meteorológicas representativas da área em que está localizada e a cada hora, estes dados são disponibilizados.

A figura 29 apresenta a posição dos protótipos locados em campo.

Figura 29 Protótipos posicionados em campo



Fonte: Elaboração Própria (2015)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Experimento em Laboratório

O experimento foi montado conforme os procedimentos especificados neste estudo, em um laboratório que não apresenta dados de temperatura e pressão controlados, porém o ambiente externo influi pouco no seu ambiente interno.

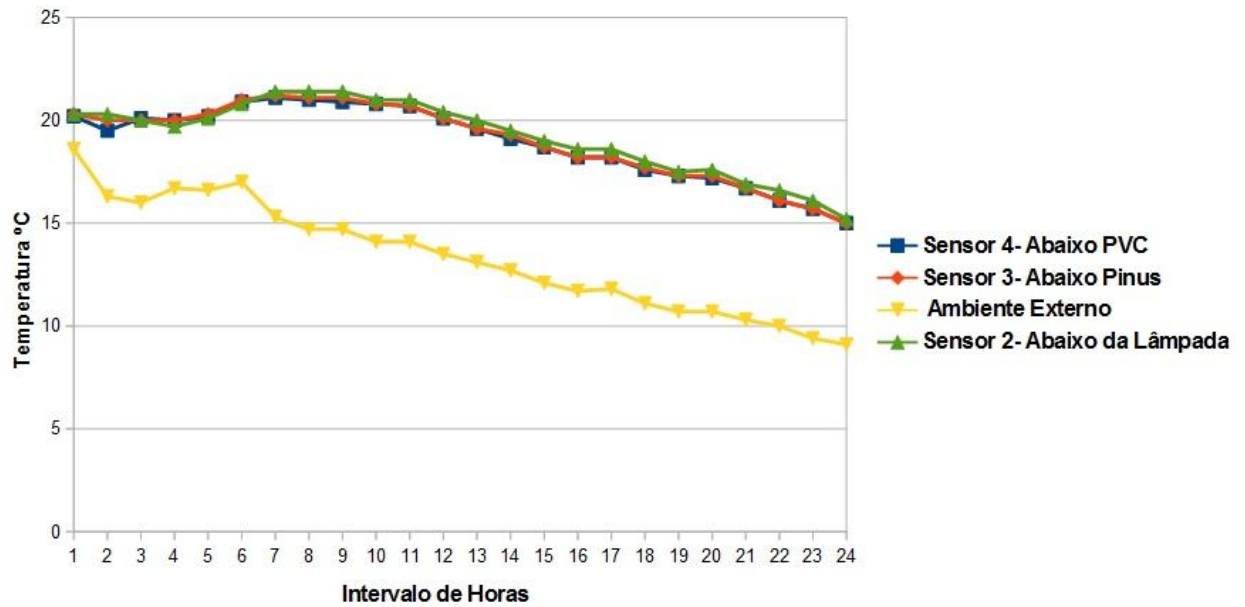
4.1.1 Simulações

As simulações foram realizadas com e sem a presença da placa acoplada aos substratos de madeira e PVC, a fim de se verificar a interferência da placa no comportamento térmico dos materiais por meio de um comparativo, no cruzamento destes dados.

O experimento foi realizado no intervalo de quatro dias, durante o mês de junho, sendo dois dias com a placa, e os demais sem a placa. Os gráficos apresentados a seguir, são resultados dos primeiros dias com a placa e posterior sem a placa.

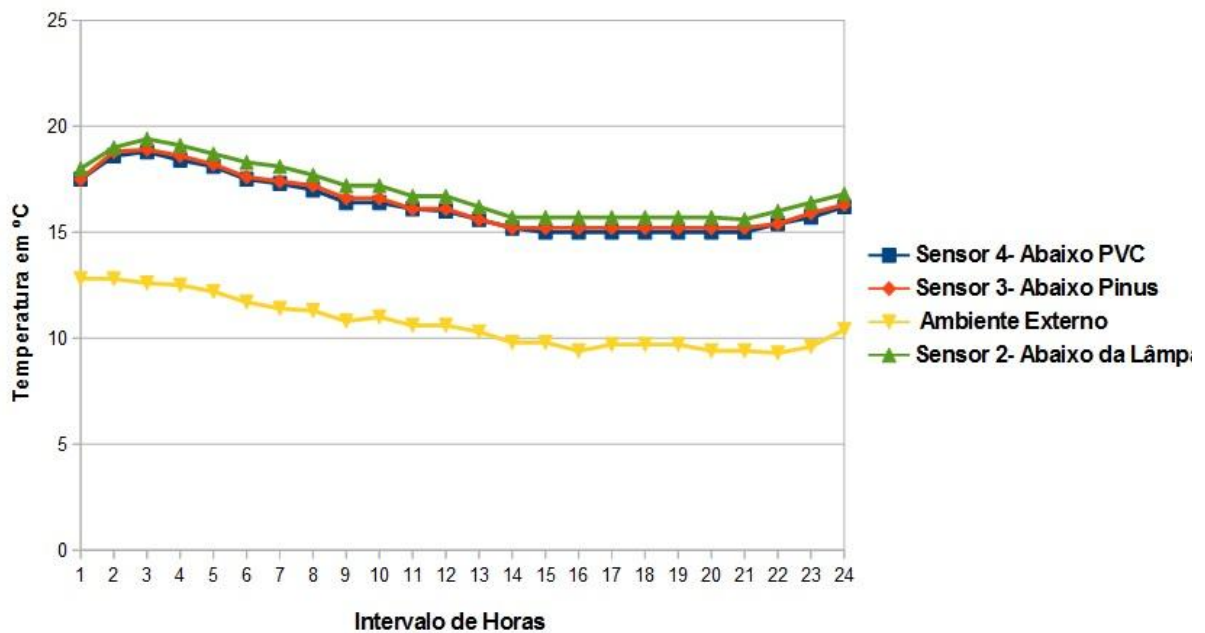
Com os dados coletados, foram montadas tabelas e construídos gráficos das curvas horárias de temperaturas internas do tubo e externas. Estes gráficos foram elaborados com o objetivo de descrever o desempenho térmico das unidades em estudo. Os gráficos 1 e 2 apresentam os dois dias de medições com a presença da placa, e os gráficos 3 e 4 apresentam as medidas após a retirada da placa.

Gráfico 1: Primeiro dia de medições Com a Placa



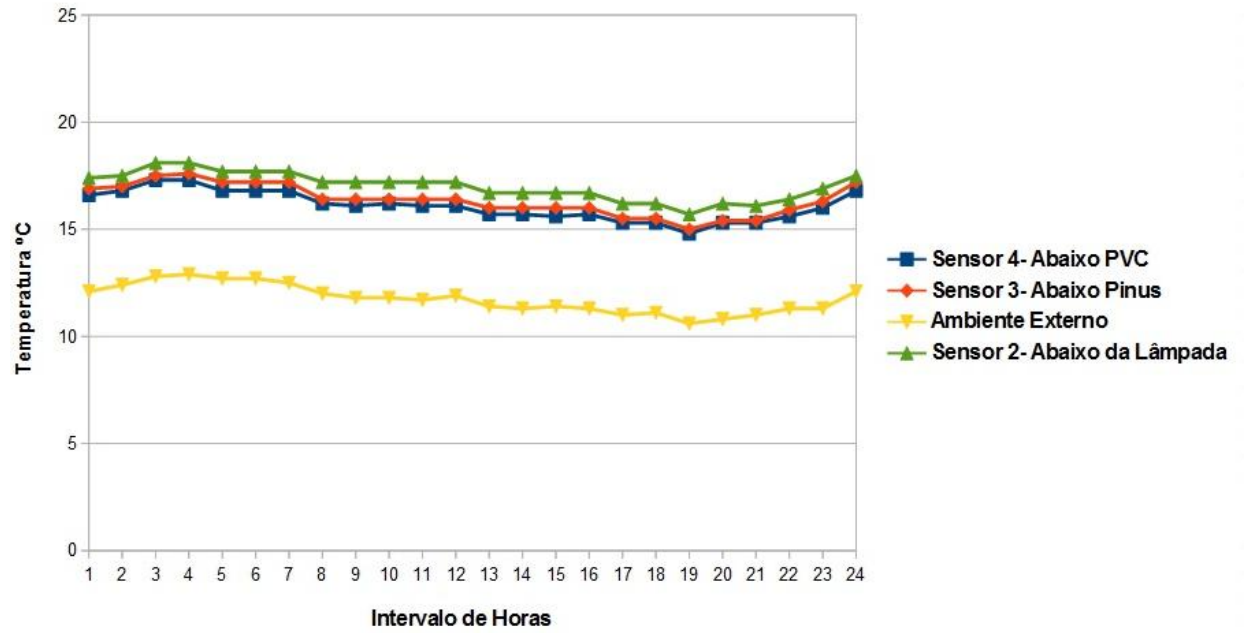
Fonte: Elaboração Própria (2015)

Gráfico 2: Segundo dia de medições Com Placa



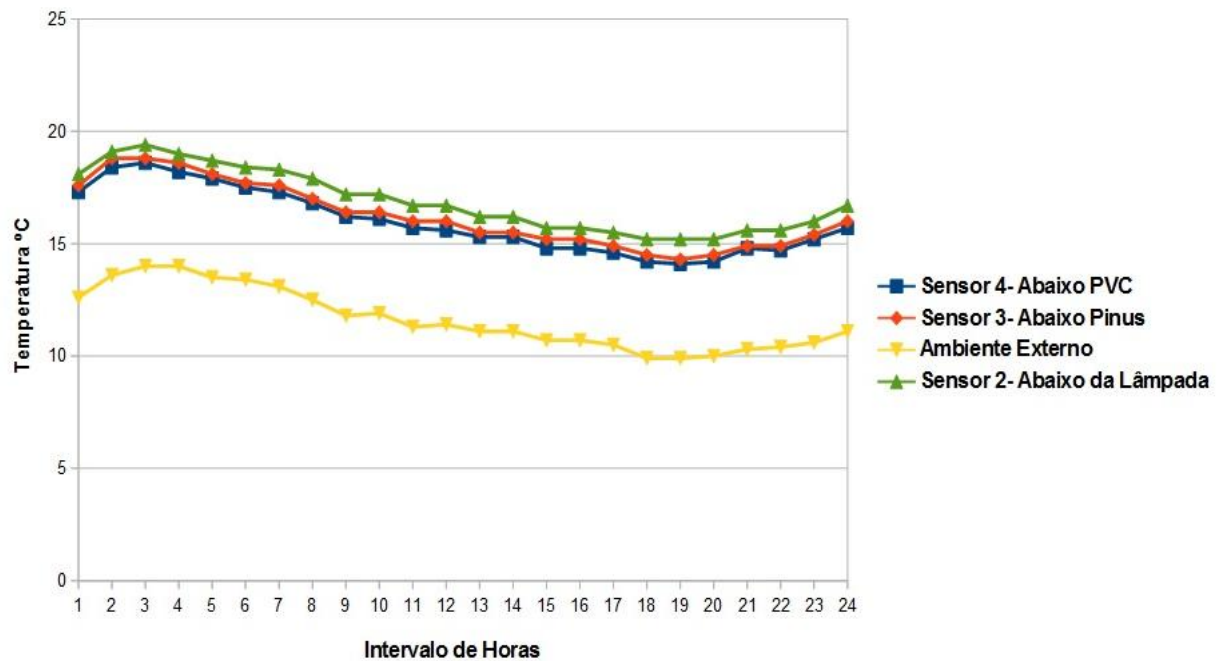
Fonte: Elaboração Própria (2015)

Gráfico 3: Primeiro dia de medições Sem Placa



Fonte: Elaboração Própria (2015)

Gráfico 4: Segundo dia de medições Sem Placa



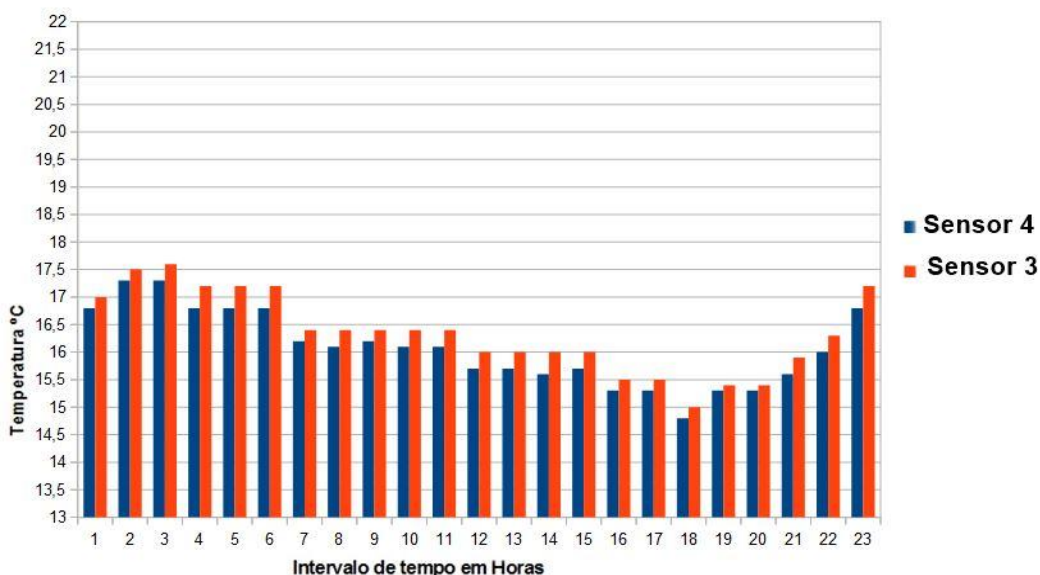
Fonte: Elaboração Própria (2015)

Percebe-se que na presença da placa a temperatura interna se manteve muito próxima a temperatura registrada logo abaixo da lâmpada, enquanto as temperaturas apontadas sem a placa caracterizaram-se mais afastadas, abaixo desta. Como a temperatura do ambiente estava relativamente baixa, a característica esperada em relação à uma ação térmica seria a capacidade de manter um maior conforto térmico no interior do tubo, concentrando mais calor, condição que foi constatada.

A partir da análise dos gráficos apresentados, percebe-se que a madeira e o PVC apresentaram praticamente o mesmo comportamento térmico quando associados à placa de embalagens cartonadas, apesar destes materiais possuírem propriedades de condutividade térmica distintas. Na ausência da placa apresentaram comportamentos levemente diferenciados, sendo que a madeira como sendo um mau condutor, apresentou um comportamento térmico superior ao PVC.

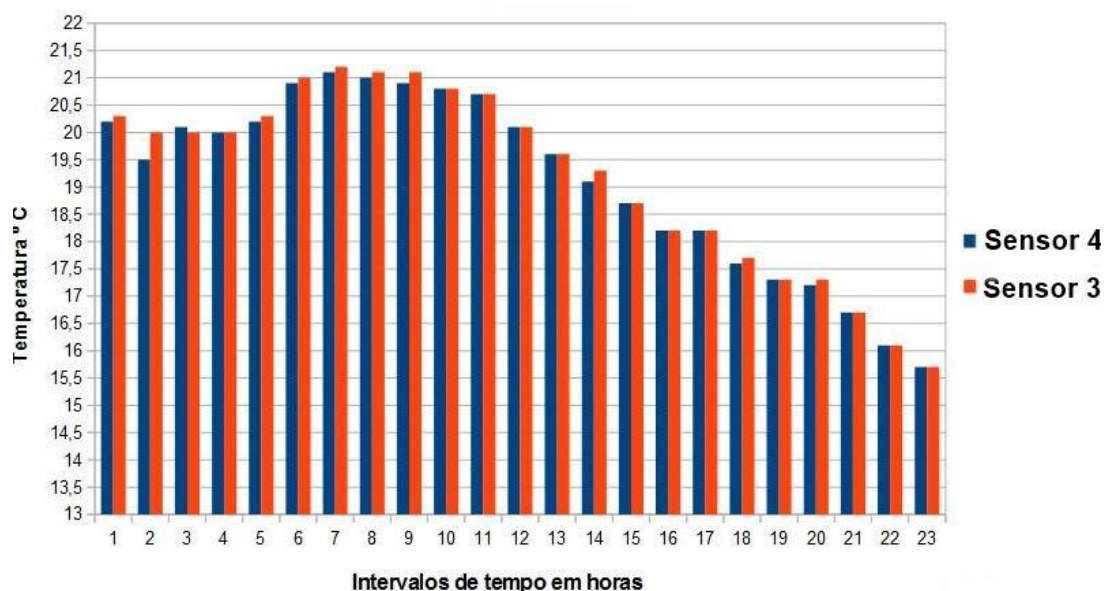
Logo, analisa-se que a placa de embalagens contribuiu no desempenho térmico do substrato de PVC, porém não provocou alterações no comportamento da madeira. Os gráficos 5 e 6 apresentam as variações térmicas registradas sem e com a presença da placa, nos sensores 4 e 3, que correspondem as posições, abaixo do substrato de PVC e da Madeira respectivamente.

Gráfico 5: Variações de temperatura no PVC e na Madeira Sem a Placa



Elaboração Própria(2015)

Gráfico 6: Variações de temperatura no PVC e na Madeira Com a Placa



Elaboração Própria (2015)

A baixa eficiência da placa pode ser justificada pelas perdas de calor ocorridas no decorrer do experimento, pois há perdas por convecção do calor da lâmpada para fora do tubo e perdas por condução do interior do tubo para o ambiente, bem como desvios relativos à calibragem dos sensores que pode representar perda de precisão dos dados.

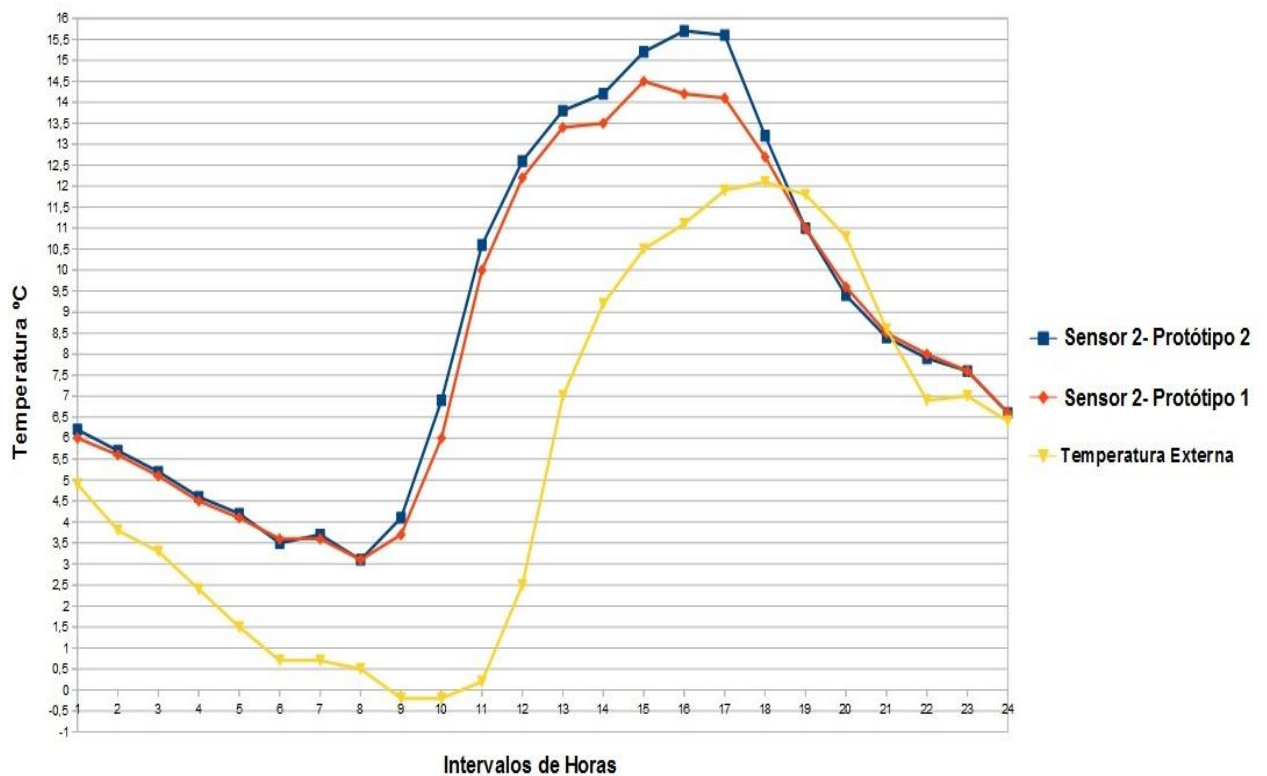
4.2 Protótipos

Depois de construídos, os protótipos foram locados em um terreno livre de eventuais sombras, a fim de haver maior aproveitamento da incidência solar. Este local é circundado de vegetação rasteira (umidade) e exposto a corrente de ar contínua (devido a localização).

O registro das temperaturas nos quatro sensores foi realizado de hora em hora, no período de quatro dias. Os gráficos foram gerados a partir dos dados mais significantes para este estudo, no decorrer dos dias pesquisados.

A primeira análise realizada foi a comparação das temperaturas internas registradas nos protótipos, a partir da qual pode-se avaliar que a presença da placa apresentou indícios de ação térmica, como é possível verificar no gráfico gerado para intervalos de horas do segundo dia de medições. O gráfico 7 apresenta a variação das temperaturas internas entre os protótipos.

Gráfico 7: Variação térmica nos ambientes internos entre os protótipos



Fonte: Elaboração Própria (2015)

A partir deste gráfico é possível observar que no intervalo de tempo em que a temperatura externa está aumentando, o ambiente interno do protótipo 2 (sem placa) apresenta uma maior concentração de calor em relação ao ambiente do protótipo 1. O ambiente interno do protótipo 1 (com placa) manteve uma temperatura inferior, conservando-a amena e impedindo que o calor se propagasse por condução rapidamente para dentro do ambiente. No momento em que a temperatura externa começa a baixar, o ambiente sem a placa sofre uma queda brusca de temperatura, enquanto o outro conserva o calor adquirido nas horas anteriores por um período

maior, mantendo uma temperatura mais elevada, fato que pode ter sido uma possível intervenção da placa, dificultando que o calor interno se dissipasse no sentido para baixo vertical (função de uma barreira).

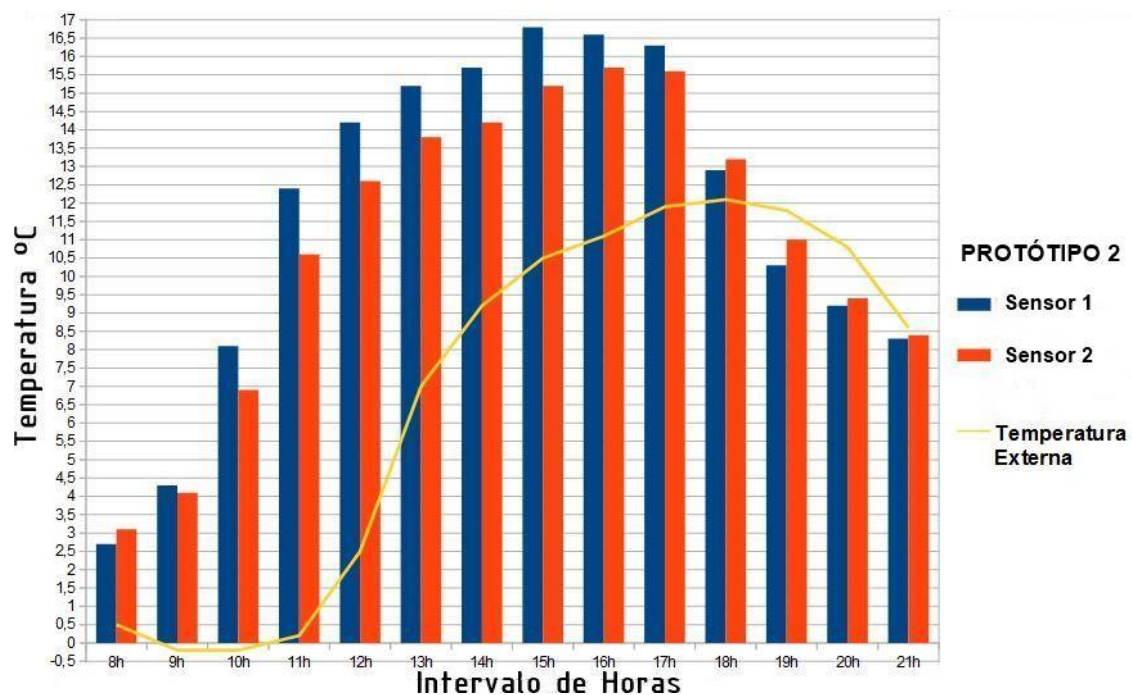
A partir dos dados, pode-se avaliar que a presença da placa pode ter interferido positivamente no auxílio do conforto térmico do ambiente estudado.

4.2.1 Variações internas de temperatura

Em relação às oscilações de temperaturas internas entre os sensores 1 e 2 (para cada protótipo), usando de análise comparativa dos dados pode-se observar que a variação térmica entre a camada de ar acima do forro e o ambiente interno variou de um protótipo para outro.

O gráfico 8 apresenta as temperaturas registradas no protótipo 2 (sem placa), nas posições acima (sensor 1) e abaixo (sensor 2) do forro.

Gráfico 8: Variação de temperatura acima e abaixo do forro do protótipo 2



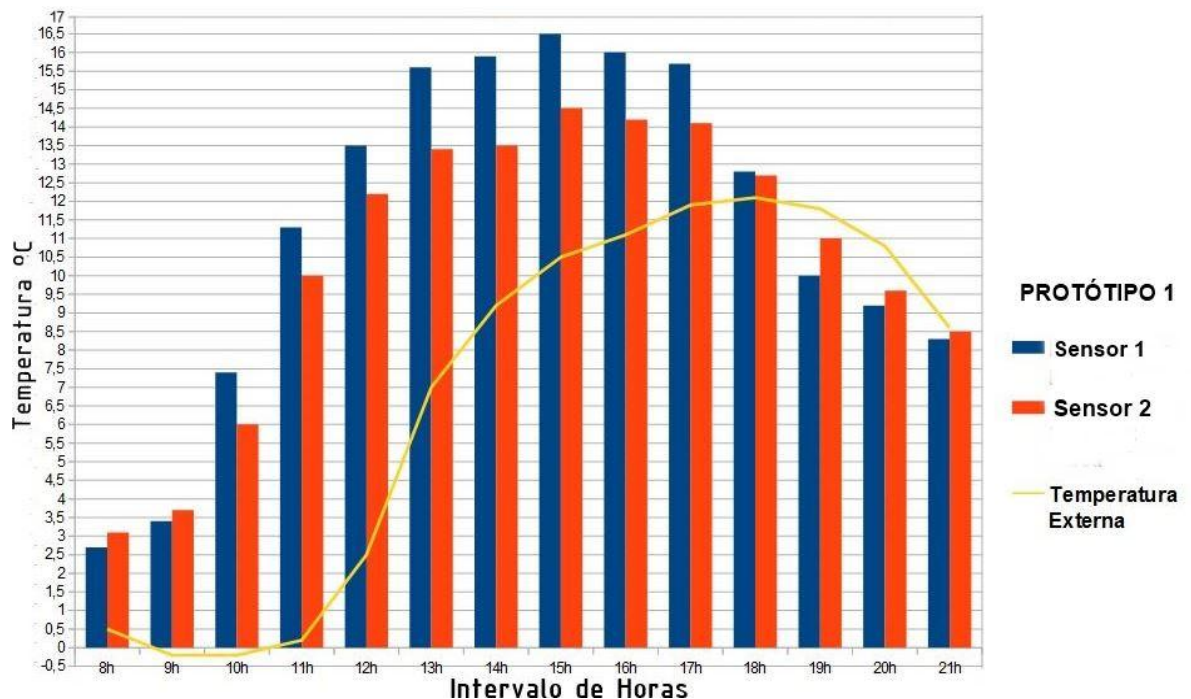
Fonte: Elaboração Própria(2015)

É possível verificar que as temperaturas apresentadas sobre o forro e logo abaixo do mesmo, são muito próximas. A temperatura no sensor 2 (ambiente

interno) mantém um comportamento semelhante ao sensor 1, sendo estes dados registrados na ausência da placa, onde apenas a camada de forro atuava dificultando a transmissão do calor adquirido na camada de ar superior para o ambiente interno.

O gráfico 9 apresenta as temperaturas registradas no protótipo 1 com a presença da placa, nas posições acima (sensor 1) e abaixo (sensor 2) do forro.

Gráfico9: Variação de temperatura acima e abaixo do forro do protótipo 1



Fonte: Elaboração Própria

Ao examinar os dados para o protótipo 1, observa-se que quando a temperatura sobre o forro aumenta (devido a propagação de calor adquirida por radiação solar e condução da telha), a temperatura do ambiente interno aumenta em menor escala, mantendo uma linearidade em relação as oscilações apresentadas no ambiente superior. No momento em que a temperatura da camada de ar presente entre a telha e a placa começa a baixar, os ambientes se encontram em um ponto de equilíbrio térmico. Neste dado momento, representado pelo gráfico às 18horas, ocorre o ponto de inversão da temperatura nos ambientes, onde a temperatura do ambiente interno passa a ser maior do que a encontrada acima do forro, pois este, na ausência de fonte de calor, começa a resfriar.

A relação entre as temperaturas internas no protótipo 1 é maior que a apresentada no protótipo 2, o que pode ser um indício de que a placa potencializou a função térmica do forro na minimização da passagem do calor por condução para o exterior da placa, podendo se levar em conta ainda que a baixa emissividade da superfície da placa, faz com que este material não absorva calor por radiação.

A condição térmica proposta nos ambientes separados pela placa é de dificultar a transferência de calor da camada de ar superior para o interior do protótipo e vice e versa. No caso a ação térmica esperada com a presença da placa, seria a diminuição da transferência do calor (que se encontra na camada de ar sobre o forro) para o ambiente interno do protótipo,

Os dados obtidos neste experimento não apresentaram resultados significativos em relação à variação de temperatura na presença da placa, alguns fatores podem ter influências sobre estes resultados. Um destes fatores são as dimensões dos protótipos, pois uma residência em tamanho real possui nas dimensões do telhado um espaço muito mais significativo em relação às paredes, formando uma camada de ar entre a telha e a placa muito maior do que a formada no protótipo.

Outro fator que pode ser levado em consideração foi a baixa temperatura predominante nos dias de realização do estudo, apresentando mínimas de $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e máximas variando entre $10\text{ e }17\text{ }^{\circ}\text{C}$, de forma que não houve variação externa de temperatura significativa, fator que associado a presença constante de correntes de vento, pode ter desfavorecido o experimento.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Foi realizado o estudo sobre o comportamento térmico de placas desenvolvidas com o uso de embalagens longa vida, avaliando a partir de experimentos em laboratório e em campo, a interferência da associação da placa no comportamento térmico de diferentes materiais, e o possível auxílio no conforto térmico que a presença da placa agregaria quando associada ao forro. .

Nos experimentos em laboratório, os resultados obtidos demonstraram que a placa apresentou indícios de ação térmica no sistema simulado, porém de forma pouco expressiva. Diante das baixas temperaturas registradas no ambiente externo, as temperaturas no interior dos tubos, abaixo dos substratos, se mostraram mais elevadas na presença da placa, esse resultado pode representar a ação da placa no auxílio do conforto térmico no interior do tubo.

Quanto à associação da placa aos substratos de PVC e Pinus, o experimento teve grande importância, possibilitando o comparativo que tornou visível uma pequena alteração no comportamento térmico do PVC na presença da placa, o que pode levar à um estudo da aplicação deste material como uma alternativa para favorecer o desempenho térmico deste material. Em relação à madeira a presença da placa não provocou nenhuma vantagem, porém é necessário analisar que uma composição diferenciada da placa pode atuar de forma diferente sobre este material.

Para o ensaio nos protótipos, pode-se concluir que no intervalo de horas em que a temperatura externa sofria um aumento, o ambiente do protótipo 1 (com placa) manteve uma temperatura inferior a do protótipo 2 (sem placa), esse comportamento pode estar ligado a característica da superfície da placa aplicada sobre o forro, que tardou a troca por condução, fazendo com que o calor não se propagasse rapidamente para dentro do ambiente.

Quando a temperatura externa começa a baixar, o ambiente do protótipo 2 sofre uma perda repentina de temperatura, o que não ocorre no protótipo 1 que apresenta uma variação de temperatura mais linear, se contarmos a presença da placa atuando como uma barreira térmica, ela pode ter contribuído no retardo da perda de calor deste ambiente no sentido vertical para cima.

Avaliaram-se os dados referentes a variação de temperatura interna, que apresentou variações pequenas nas transferências e conservação de calor entre a camada de ar sobre o forro para o ambiente interno. As dimensões do telhado em relação as paredes e as baixas temperaturas nos dias estudados, podem ter sido variáveis determinantes nestes resultados.

A partir dos resultados obtidos, não é possível concluir de fato se existe viabilidade da utilização das embalagens longa vida para construção de placas térmicas com a função de auxiliar no conforto térmico de ambientes. Para baixas temperaturas as contribuições térmicas foram muito pequenas, mas sugere-se que se façam testes em dias mais quentes a fim de verificar se a placa atua de forma a contribuir no conforto térmico.

Torna-se necessário maior aprofundamento deste estudo, buscando-se avaliar o desempenho da placa em outras temperaturas e composições, minimizando-se as variáveis de vento e umidade, a fim de facilitar a observação dos dados.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

A proposta apresentada neste trabalho pode ser ampliada e motivar novas pesquisas, para tanto sugere-se como alternativas para futuros trabalho:

- Desenvolver o mesmo processo metodológico apresentado, porém contando com testes em dias quentes (verão), a fim de se ter respostas mais significativas.
- Desenvolver novos modelos de placa com embalagens longa vida, em diferentes composições, para demonstrar a composição que apresente maior eficiência ou outros benefícios.
- Testar os protótipos com o uso de lâmpadas em seu interior, a fim de promover aquecimento no ambiente interno do protótipo, para se pesquisar as perdas e o comportamento da placa no ponto de inversão de temperaturas.

REFERÊNCIAS

ABRE. (2012). **Cartilha do meio ambiente**. Associação brasileira de embalagens. Disponível em: http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/07/cartilha_meio_ambiente.pdf. Acesso em: nov, 2014.

ABREU, M. Reciclagem de Embalagens Cartonadas Tetra Pak para Alimentos Líquidos. **O Papel**. Abril, 2002. Disponível em: http://www.afcal.pt/destinoFinal/Reciclagem_ECAL.pdf. Acesso em: dez, 2014.

BERNUY, A.C. **Transferência de calor por condução e convecção**. 2008. Disponível em: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/documentos/md/em/fisica/2010-08/md-em-fs-06.pdf. Acesso em: 13 jul 2015.

BORGES, D.G. **Aproveitamento de embalagens cartonadas em compósitos de polietileno de baixa densidade**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CAMPOS, T. **Logística reversa: aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-05092006-135636/pt-br.php>. Acesso em 09 jan 2015.

CARVALHO, P.P. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria/RS, Santa Maria, 2012.

CEMPRE. **Embalagens Longa Vida**. Compromisso empresarial para reciclagem. Disponível em: < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/9/embalagens-longa-vida> >. Acesso em: 2014.

CULTURA AMBIENTAL. **Tetrapak cultura ambiental nas escolas**. 2009. Disponível em: <http://www.culturaambientalnasescolas.com.br/multimedia/fotos>. Acesso em 27 de dez de 2014.

CUNHA, É. C. **Placas recicladas de embalagem longa vida: caracterização, design e propostas projetuais**. 2011. Tese (Doutorado- Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Tecnologia do Ambiente Construído) -Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ECOTELHADO. **ECOTELHADO segundo pesquisador da Lawrence Berkley National Laboratory (CA, EUA), cerca de 25% da superfície de uma cidade consiste de telhados**. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/1236752/>. Acesso em 30 out, 2014.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. 2011 1ed. Recife: Ed. Clube dos autores, 2011.

FROTA, A. E SCHIFFER, S.R.. **Manual de conforto térmico**. 2001. 5ed..São Paulo Ed. Studio Nobel, 2001. Disponível em: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/143537/eaf0b434559808767fe436cdf6e6d708.pdf?sequence=1>. Acesso em 09 jul, 2015.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo.php?QTgyNg==. Acesso em 20 jun, 2015.

KRUGER, E. L. E ZANNIN P. T. 2006. **Avaliação termoacústica de habitações populares na vila tecnológica de Curitiba**. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 33-44, abr./jun. 2006. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3685/2051>. Acesso em 2 jan, 2015.

LABAKI, L.C.et al. **A reutilização de embalagens tipo “longa vida” como isolante térmico para coberturas de fibrocimento sem forro**. 2003. Disponível em: http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2003/2003_artigo_007.pdf. Acesso em 20 jun, 2015.

LEAO, M. **Desempenho térmico em habitações populares para regiões de clima tropical: estudo de caso em Cuiabá-MT**. 2006. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2006.

MORAES, M.B.S.A. **Transmissão de calor**. 2002. Mestrado profissionalizante em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Instituto de Física. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Beatriz/. Acesso em 10 jul 2015.

MORELLO, A. **Avaliação do comportamento térmico do protótipo habitacional alvorada**.2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

NASCIMENTO, N. M. et al. Embalagem cartonada longa vida: lixo ou luxo? **Química Nova na Escola**. n.25, p.3-7, mai. 2007. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc25/qs01.pdf>. Acesso em: out, 2014.

NEVES, F.L. **Eletrodissolução de alumínio em polpa celulósica proveniente da reciclagem de embalagens cartonadas multicamadas**. 2009. Tese (Doutorado-Pós-graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2009.

REGO, S. A. **Logística Reversa no Mercado de Embalagens: Caso Tetra Pak**. 2005. Monografia (Bacharel em Comunicação Social). Centro Universitário de Brasília – UniCEUB. Brasília, 2005.

SPANNENBERG, M.G. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudo de caso em Marau-RS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

TETRAPAK. Disponível em: www.tetrapak.com.br. Acesso em dez, 2014.

VITTORINO, F. et al. **Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas**. 2003, p.1278.. Pg 1278. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/ENCAC03_1277_1284.pdf. Acesso em: 10 jul, 2015.

ZORTEA, R.B. **Viabilidade econômica e tecnológica para a reciclagem das embalagens cartonadas longa vida pós-consumo de Porto Alegre**. 2001. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

M. M. M. Novo et al. **Fundamentos básicos de emissividade e sua correlação com os materiais refratários, conservação de energia e sustentabilidade**. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v60n353/04.pdf>. Acesso em 10 jul, 2015.