

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RUY GUSTAVO DOS SANTOS MORAES

**ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE TRÊS TIPOS DE TELHAS:
ECOLÓGICAS DE EMBALAGENS LONGA VIDA E FIBRAS DE PAPEL
RECICLADO E DE FIBROCIMENTO**

CASCADEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RUY GUSTAVO DOS SANTOS MORAES

**ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE TRÊS TIPOS DE TELHAS:
ECOLÓGICAS DE EMBALAGENS LONGA VIDA E FIBRAS DE PAPEL
RECICLADO E DE FIBROCIMENTO**

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

**Professora Orientadora: Arquiteta e
Urbanista Mestre Janaína Bedin**

CASCADEL – PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

RUY GUSTAVO DOS SANTOS MORAES

**ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE TRÊS TIPOS DE TELHAS:
ECOLÓGICAS DE EMBALAGENS LONGA VIDA E FIBRAS DE PAPEL
RECICLADO E DE FIBROCIMENTO**

Trabalho apresentado no curso de engenharia civil, do centro universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia civil, sob orientação da Professora Arquiteta e Urbanista Me Janaina Bedin.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora Prof^a. Me Janaina Bedin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e Urbanista Me.

Prof. Especialista Ricardo Paganin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Prof^a. Mestre Andrea Resende Souza
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil

Cascavel 20 de Dezembro de 2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, minha namorada e minha tia pelo amor infinito e compreensão, fontes de minha extrema motivação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela força divina em minha vida.

A meus pais, meu irmão e minha tia, por estarem sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis da realização deste sonho.

A minha namorada por entender minha ausência diária durante esta longa caminhada.

A minha professora orientadora Janaina Bedin por ter desempenhado papel exemplar no norteamento deste trabalho.

Agradeço ao Centro Universitário Assis Gurgacz, por proporcionar a coleta dos dados necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação acadêmica.

RESUMO

O presente estudo teve o intuito de avaliar o desempenho térmico entre telhas ecológicas e as de fibrocimento. As telhas ecologicamente sustentáveis são produtos fabricados a partir da reciclagem de materiais descartados, utilizando embalagens longa vida em um modelo de telha e papel reciclado em outro. Para o desenvolvimento dessa pesquisa foram construídos três protótipos em madeira de pinus conforme NBR 7190 (1997), com uma área de aproximadamente $2,25 \text{ m}^2$ cada. Os mesmos foram cobertos cada um com um tipo de telha, com inclinação de cobertura compreendida entre 20 a 27% segundo NBR 15575 (2003) e posteriormente mensuradas as temperaturas, sendo que para este fim foi utilizados três sensores TERMOPARES[®] posicionados no interior de cada protótipo, e um para aferir a temperatura externa aos mesmos, durante um período de 15 dias sem qualquer interrupção. Utilizou-se também um dispositivo eletrônico (DATA LOGGER[®]) que coletou, armazenou e estabeleceu os dados ao longo do período estimado. Com este trabalho esclareceu-se qual foi a melhor opção dentre os três tipos de telhas estudadas que proporcionou um melhor desempenho térmico no interior dos protótipos. Os aparelhos foram fornecidos pela instituição de ensino superior Centro universitário FAG. E os materiais para construção dos protótipos foram obtidos através de aquisição própria por uma empresa de materiais de construção civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A esfera terrestre e as coordenadas do ponto A.....	11
Figura 2: Zoneamento bioclimático brasileiro.....	14
Figura 3: Trocas de calor entre telhado.....	15
Figura 4: Trocas de calor entre forro.....	15
Figura 5: Base para construção dos protótipos.....	26
Figura 6: Levantamento dos pilares.....	27
Figura 7: Levantamento das paredes.....	27
Figura 8: Estrutura da cobertura.....	28
Figura 9: Cobertura com telha de embalagens longa vida.....	29
Figura 10: Cobertura com telha de papel reciclado.....	30
Figura 11: Cobertura em telha de fibrocimento.....	31
Figura 12: Beiral.....	32
Figura 13: Passarinheiras confeccionadas em papelão.....	32
Figura 14: Protótipos construídos com diferentes tipos de telhas.....	33
Figura 15: TERMOPAR.....	34
Figura 16: DATTALOGGER.....	35
Figura 17: Gráfico de registro dos primeiros cinco dias	37
Figura 18: Gráfico de registros do segundo período de cinco dias	38
Figura 19: Gráfico de registros do ultimo período de cinco dias	39
Figura 20: Gráfico do período de quinze dias estudados	40

SUMÁRIO

CAPITULO 1.....	10
1.1 INTRODUÇÃO.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Especificos.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	13
CAPITULO 2.....	14
2.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	14
2.1.1 Conceito de Conforto térmico.....	14
2.1.2 Variáveis de conforto térmico.....	14
2.1.2.1 Radiação solar.....	15
2.1.2.2 Temperatura.....	15
2.1.2.3 Umidade.....	15
2.1.2.4 Vento.....	16
2.1.2.5 Longitude.....	16
2.1.2.6 Latitude.....	17
2.1.3 Desempenho térmico de edificações.....	17
2.1.3.1 Trocas térmicas secas.....	18
2.1.3.2 Trocas térmicas úmidas.....	19
2.1.4 Desempenho térmico conforme ABNT NBR 15.220/2003.....	19
2.1.5 Desempenho térmico de coberturas.....	20
2.1.6 Características das telhas em estudo.....	22
2.1.6.1 Telhas de embalagens longa vida.....	22
2.1.6.2 Telha de papel reciclado.....	23
2.1.6.3 Telhas de fibrocimento.....	23
CAPITULO 3.....	25
3.1 Metodologia.....	25
3.1.1 Caracterização da amostra.....	25
3.1.2 Materiais.....	25
3.1.3 Equipamentos para coleta de dados.....	34

CAPITULO 4.....	36
4.1 Resultados esperados.....	36
4.1.1 Comparativo geral de temperaturas.....	39
CAPITULO 5.....	40
5.1 Considerações finais.....	40
CAPITULO 6.....	42
6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Conforto térmico refere-se ao estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o cerca. Por outro lado, quando o balanço térmico não é estável, a não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio. Sejam quais forem as condições climáticas externas, a arquitetura tem como uma de suas funções oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior das edificações (LAMBERTS *et al*, 2016).

As sensações que o conforto térmico proporciona em habitantes de regiões quentes e úmidas não são as mesmas proporcionadas aos habitantes de clima quente e seco, muito menos em habitantes de regiões de clima temperado ou frio (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Em regiões de clima quente como no Brasil, as temperaturas no meio exterior e os níveis de radiação solar incidente nos fechamentos das edificações atingem valores elevados. A aplicação de materiais que tenham aquecimento reduzido em função da menor absorção da radiação solar pode proporcionar redução dos ganhos de calor, melhorando o bem estar dos ocupantes e consequentemente reduzindo o consumo de energia (MARINOSKI *et al*, 2010).

O desempenho das edificações é diretamente afetado pela inadequação dos projetos às características climáticas locais, refletindo diretamente o desempenho da edificação, podendo levar à necessidade de utilização de equipamentos mecânicos de refrigeração e sistemas artificiais de iluminação para garantir o conforto térmico dos usuários, resultando, por conseguinte, no consumo de energia elevado (BATISTA e LAMBERTS, 2010).

A radiação solar é um dos fatores de maior contribuição para o ganho térmico em edifícios, sendo as coberturas normalmente a parte do envelope construtivo mais exposta à radiação solar. Entre as características relacionadas aos efeitos da radiação inclui-se a condição das superfícies opacas de absorverem ou refletirem a radiação, que é função de sua absortividade ou refletividade, respectivamente. Assim, em uma edificação, o consumo de energia com refrigeração pode ser significativamente reduzido limitando-se o ganho de calor solar através do envelope (SILVEIRA *et al*, 2012).

O impacto ambiental relacionado à grande demanda energética que surge com o desenvolvimento econômico e crescimento populacional requerem a adoção de alternativas sustentáveis para exploração dos recursos naturais. O entendimento do conceito de

sustentabilidade como uma forma de desenvolvimento econômico, que emprega os recursos naturais e o meio ambiente para benefício das gerações futuras, pode ser aplicado também na construção civil (BATISTA e LAMBERTS, 2010).

Atualmente na sociedade onde moramos existe uma grande preocupação com o destino de resíduos sólidos, que comprometem os sistemas naturais, sociais, econômicos e a saúde ambiental e humana. Uma das soluções voltada à reciclagem de resíduos sólidos é o emprego de embalagens longa vida na fabricação de telhas (ARAÚJO *et al*, 2008).

A telha feita de material reciclado de embalagens longa vida é durável e muito resistente ao tempo, quando comparada a outras telhas, por uma de suas faces conter uma camada de alumínio, que atua na reflexão da luz solar, deixando o ambiente mais fresco e agradável (ARAÚJO *et al*, 2008).

A telha ecológica de papel reciclado é produzida com resíduo de papel. Em sua constituição ela apresenta três tipos de materiais: fibra vegetal extraída de resíduo de papel, água e betume asfáltico. A água e o papel são utilizados na primeira fase do processamento da telha, formando a manta. A emulsão asfáltica ou betume dá o acabamento final, conferindo propriedades impermeabilizantes ao material (LESSA, 2009).

Dentre as telhas mais utilizadas na construção civil estão às telhas de fibrocimento, as quais oferecem facilidade no manuseio, armazenamento, transporte, boa resistência e baixo custo. Possuem como matéria-prima o cimento, água, minerais e fibras vegetais ou sintéticas (OLIVEIRA, 2010). Coberturas produzidas a partir de fibrocimento são uma solução de telhados mais baratos para habitações urbanas, instalações rurais, galpões industriais e obras de infraestrutura, quando comparados a diversos sistemas disponíveis no país com outros tipos de telha (ex.: cerâmicas, aço galvanizado, alumínio) (SAVASTANO JR, 2003).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho térmico de três diferentes tipos de telhas, através de protótipos construídos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as variáveis do conforto térmico;
- Verificar as tipologias de telhas;
- Registrar as temperaturas através de sensores térmicos durante um período contínuo de 15 (trinta) dias;
- Determinar o tipo de telha que proporcionou menores ganhos térmicos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A temperatura interna das edificações sofre grande influência de fontes externas, como variações climáticas de temperatura, radiação solar e umidade relativa do ar bem como internas que incluem, por exemplo, equipamentos de iluminação. Dessa maneira, o telhado tem importante papel no quesito conforto térmico das edificações, principalmente, por estar exposto diariamente às variações meteorológicas e receber constante energia térmica do sol. (PAULA, 2004).

A cobertura tem um papel de destaque para garantir a temperatura interna das construções. Nas mais variadas edificações, o material a ser utilizado para confecção das telhas bem como a sua natureza, exerce grande função para que se possa trabalhar com melhores formas de manter a temperatura agradável e confortável para seus ocupantes. O tipo de material determinará, sobretudo, a quantidade de radiação que passará para dentro da construção. Quanto mais próxima à temperatura interna chega a valores considerados ideais para o bem estar humano, menos gastos com energia para utilização de equipamentos de refrigeração (SEVEGNARI *et al*, 1994).

Quando se pensa em Planeta Terra e Meio Ambiente, sabe-se do problema com geração de resíduos sólidos, gases e escassez de recursos naturais, que é gerado em virtude da demanda da produção de materiais, onde se inclui os diversos tipos de telhas indispensáveis para construções de edifícios, casas e edificações rurais. Diante do cenário ecológico em nosso país se encontra cabe também a Engenharia Civil buscar alternativas sustentáveis para elaboração de telhas que utilizam materiais que normalmente seriam descartados. Esse é o caso da fabricação de coberturas com telhas feitas a base de materiais oriundos de embalagens longa vida. A produção deste tipo de telha, além de dar destino a materiais recicláveis, contém

um isolante térmico natural, o alumínio, contribuindo para geração de conforto térmico nas edificações. (NASCIMENTO E TOMETICH, 2013).

Com este trabalho buscou-se encontrar a melhor opção de telhas para cobertura dos mais variados tipos de construções, levando-se em conta a variável de conforto térmico.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual o tipo de telha absorve maiores índices de calor dentre as estudadas nos protótipos localizados na cidade de Diamante do Sul – PR e qual delas utilizar para que se tenha menos absorção da radiação solar?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Espera-se com o estudo demonstrar qual das telhas estudadas: ecológica de papel reciclado; ecológica de embalagens longa vida; e fibrocimento apresentam melhor desempenho com relação ao conforto térmico.

1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada ao levantamento das temperaturas obtidas no interior de três protótipos construídos em madeira de pinus e cobertos cada um com um tipo de telha estudado, em um lote urbano da cidade de Diamante do Sul - PR, com uma área aproximada de 2,25 m² cada um.

Limitou-se à pesquisa o levantamento do melhor conforto térmico, baseando-se na aferição das temperaturas internas de cada protótipo utilizando sensores e registrando os dados em um Data Logger, no período de 15 dias, simulando coberturas de habitações unifamiliares populares ou até mesmo edifícios e construções rurais.

CAPITULO 2

2.1 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS

2.1.1 Conceito de conforto térmico

Conforto térmico é uma condição de satisfação que o indivíduo expressa em relação às temperaturas ambientais. Sabendo-se que existem grandes variações tanto fisiológicas quanto psicológicas de pessoa para pessoa, o que torna difícil a satisfação de todos que habitam o mesmo espaço, visto que as condições ambientais necessárias para adquirir conforto não são as mesmas para todos os indivíduos. Dessa maneira, inúmeros estudos são necessários para definir estas condições termicamente confortáveis que atinjam o maior número possível de ocupantes (ASHRAE, 2003).

Sabe-se que as condições ambientais que podem desencadear sensações de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco, bem como em habitantes de regiões de clima temperado ou frio (FROTA e SCHIFFER, 2007).

O conhecimento das pretensões humanas de conforto térmico e do clima, quando associados ao das características térmicas dos materiais, proporciona condições de se projetar espaços urbanos e edifícios cuja resposta térmica se atende às exigências de conforto térmico (FROTA e SCHIFFER, 2007).

2.1.2 Variáveis de conforto térmico

As variáveis de conforto térmico são diversas, segundo Ashrae (2003), existem seis principais fatores que devem ser abordados ao definir as condições de conforto térmico, sendo estes: taxa metabólica, vestimenta, temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e umidade.

2.1.2.1 Radiação solar

A radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edifícios. A transferência de calor por radiação pode ser dividida em cinco partes principais: radiação solar direta (onda curta), radiação solar difusa (onda curta), radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno (onda curta), radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu (onda longa) e radiação térmica emitida pelo edifício (onda longa) (LAMBERTS *et al*, 2016).

A radiação solar de onda curta que entra por uma abertura no edifício incide nos corpos, que se aquecem e emitem radiação de onda longa. O vidro, sendo praticamente opaco à radiação de onda longa, não permite que o calor encontre passagem para o exterior, superaquecendo o ambiente interno. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa e é o maior transformador da radiação solar em calor no interior de uma edificação (LAMBERTS *et al*, 2016).

2.1.2.2 Temperatura

É uma variável bioclimática de fácil medição. A variação da temperatura na superfície da Terra é resultado dos fluxos das massas de ar e da diferente recepção da radiação do sol de local para local. Quando a velocidade do ar é baixa, a temperatura é consequente dos ganhos térmicos solares do local que dependem do tipo de solo e vegetação, da topografia e da altitude do local. Já quando a velocidade do ar é alta a influencia dos fatores locais na temperatura do ar é menor (LAMBERTS *et al*, 2004).

Lamberts *et al*, (2004) ressaltam que para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser alterada em função de variáveis como vento e a umidade.

2.1.2.3 Umidade

A umidade do ar é regulada pelo regime de chuvas e pela água dos lagos, rios e mares através da evaporação. A vegetação também influencia na umidade através da evapotranspiração. O ar a certa temperatura possui uma quantidade de água. Quanto maior a temperatura do ar, menor sua densidade e consequentemente irá conter maior quantidade de água. Quando o conteúdo de vapor de água no ar é menor que o máximo possível para

determinada temperatura, diz que esta proporção é a umidade reativa do ar (LAMBERTS *et al*, 2004; LAMBERTS *et al*, 2016).

A umidade relativa tem a tendência de aumentar quando há diminuição da temperatura e diminuir quando ocorre aumento da temperatura, sendo assim nos locais com alta umidade a transmissão de radiação solar é reduzida devido a sua absorção pelo vapor de água e as nuvens. Em altas umidades relativas os habitantes possuem maior dificuldade em evaporar o suor, causando a sensação de desconforto térmico. Dessa forma o conjunto temperatura-umidade deve ter seu comportamento avaliado no planejamento de edificações (LAMBERT *et al*, 2004).

2.1.2.4 Vento

A distribuição dos ventos no globo tem como uma de suas principais causa, o desequilíbrio da radiação entre as latitudes baixas e altas. O vento pode ser influenciado pela altitude, pela topografia e pela rugosidade do solo. Em regiões de topografia acidentada o vento é desviado, alterando sua direção e velocidade, ou podendo canaliza-lo, aumentando então sua velocidade (LAMBERTS *et al*, 2016).

A direção e velocidade dos ventos geralmente são medidas a 10 m de altura nas estações meteorológicas. Estas estações se localizam principalmente em regiões abertas, longe de áreas urbanas (LAMBERTS *et al*, 2016).

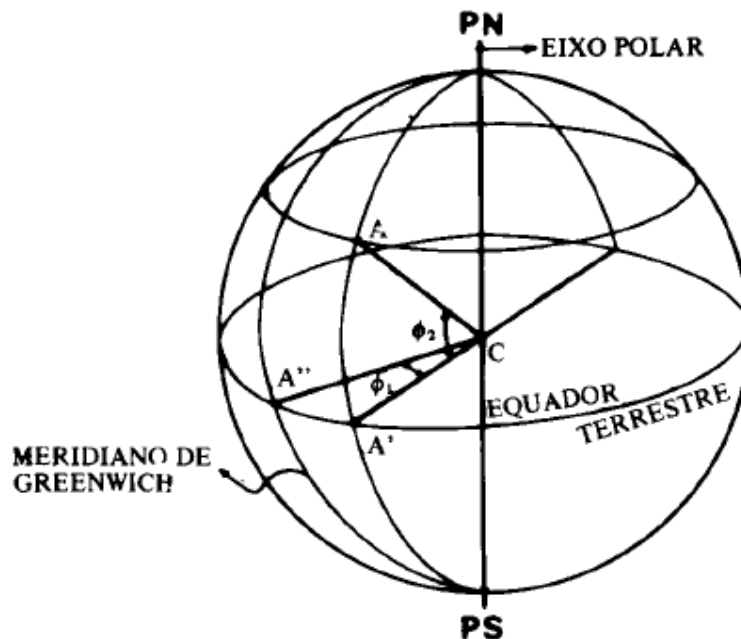
O arquiteto pode conhecer as probabilidades de ocorrência de vento para suas orientações e velocidade através de diagramas de rosa-dos-ventos. Este instrumento auxilia na colocação de aberturas de acordo com o projeto para aproveitar o vento fresco no período quente e evitar o vento forte no período frio (LAMBERTS *et al*, 2016).

2.1.2.5 Longitude

Especifica-se a posição de uma localidade A sobre a terra a partir de sua latitude e de sua longitude. A longitude é medida com relação ao meridiano de Greenwich. Por definição esse meridiano que passa pelos pólos e pelo observatório de Greenwich, localizado na Inglaterra. A longitude do ponto A é indicada na figura 1 pelo ângulo ϕ_1 . São medidas as

longitudes de 0° a 180° , a leste ou a oeste de do meridiano de meridiano de Greenwich (FROTA e SCHIFFER, 2007).

Figura 1 - A esfera terrestre e as coordenadas do ponto A.



Fonte: (FROTA e SCHIFFER, 2007).

2.1.2.6 Latitude

Latitude é a medida a partir do Equador. Cada local da superfície terrestre está inserido paralelo ao equador, formando o ângulo ϕ_2 . A latitude é medida de 0 a 90° , dizendo-se que ela é Norte, se estiver acima da linha do equador, porém se estiver abaixo ela é Sul (FROTA e SCHIFFER, 2007).

2.1.3 Desempenho térmico de edificações

O desempenho térmico adequado reflete diretamente no conforto das pessoas e em adequadas condições para atividades normais e o sono em uma edificação habitada (CBIC, 2013).

Um edifício torna-se confortável quando é projetado para o clima no qual está inserido. O projeto deve basear-se na metodologia de exclusão da radiação solar direta dos ambientes internos e na minimização da radiação solar das fachadas e cobertura do edifício. A superfície interna de uma parede no verão pode estar de 4 a 8° mais quente se não estiver com a adequada resistência térmica a passagem do calor. O corpo dos habitantes que ocupam o edifício recebe essa radiação originada das paredes, forro ou piso. O efeito ocorre ao contrário no inverno, as superfícies frias mal projetadas fazem com que o corpo dos usuários perca calor por radiação. A adequação do projeto do envolvente do edifício (paredes, coberturas e aberturas) tanto para as condições de inverno quanto para as de verão, podem ser a solução para esses problemas (MASCARÓ, 1991).

Frota e Schiffer (2007) esclarece que pode ser mais bem compreendido o comportamento térmico de uma edificação baseando-se nos chamados fenômenos de trocas térmicas. Esse conhecimento também permite melhor entendimento do relacionamento do organismo humano e do clima com o meio ambiente térmico.

2.1.3.1 Trocas térmicas secas

As trocas de calor envolvendo variações de temperatura são caracterizadas trocas secas. Os mecanismos dessas trocas são a condução, radiação e convecção (FROTA e SCHIFFER, 2007). De acordo com Mascaró (1991), definem-se estes mecanismos como sendo a transferência de calor por condução pode ser transmitido diretamente de uma parte para a outra de um objeto; quando, por exemplo, no aquecimento de uma frigideira gradativamente o cabo vai se esquentando. O calor passa de um objeto para o outro; por exemplo, quando o cabo quente da frigideira é segurado.

A convecção é a transmissão de calor com um determinado tipo de fluido em movimento como o ar, por exemplo. Do ponto de vista térmico onde as paredes não são adequadas ao espaço, o ar em contato com a parede exterior, ganha calor na estação quente e perde na estação fria (MASCARÓ, 1991).

Já a radiação se define como sendo qualquer objeto podendo radiar calor da mesma forma que o sol. Sente-se o calor irradiado por uma lâmpada quando se aproxima a mão perto dela. Essa sensação pode ser amenizada pondo-se um papel entre a mão e a lâmpada. Da mesma maneira se ganha e se perde calor em um local onde as paredes, coberturas e aberturas não estão devidamente desenhadas e protegidas (MASCARÓ, 1991).

2.1.3.2 Trocas térmicas úmidas.

São denominadas trocas térmicas úmidas as mudanças de estado de agregação, do estado líquido para o estado de vapor e do estado de vapor para o estado líquido, cujos mecanismos são evaporação e condensação. No mecanismo de evaporação se entende como troca térmica que se decorre da passagem natural e com a temperatura ambiente do estado líquido para o estado gasoso (FROTA e SCHIFFER, 2007).

Condensação é uma troca térmica úmida proveniente da mudança do estado gasoso do vapor d'água contido no ar para o estado líquido, é acompanhada de um dispêndio de energia. A condensação superficial ocorre quando o excesso de vapor se condensa sobre a superfície como consequência do contato do ar saturado de vapor d'água com uma superfície cuja temperatura encontra-se abaixo do seu ponto de orvalho. Torna-se problemática quando se dá principalmente em coberturas de baixa resistência térmica. Para evitar a condensação superficial deve-se imprimir ao elemento da construção uma resistência térmica adequada (FROTA e SCHIFFER, 2007).

2.1.4 Desempenho térmico conforme ABNT NBR 15.220/2003

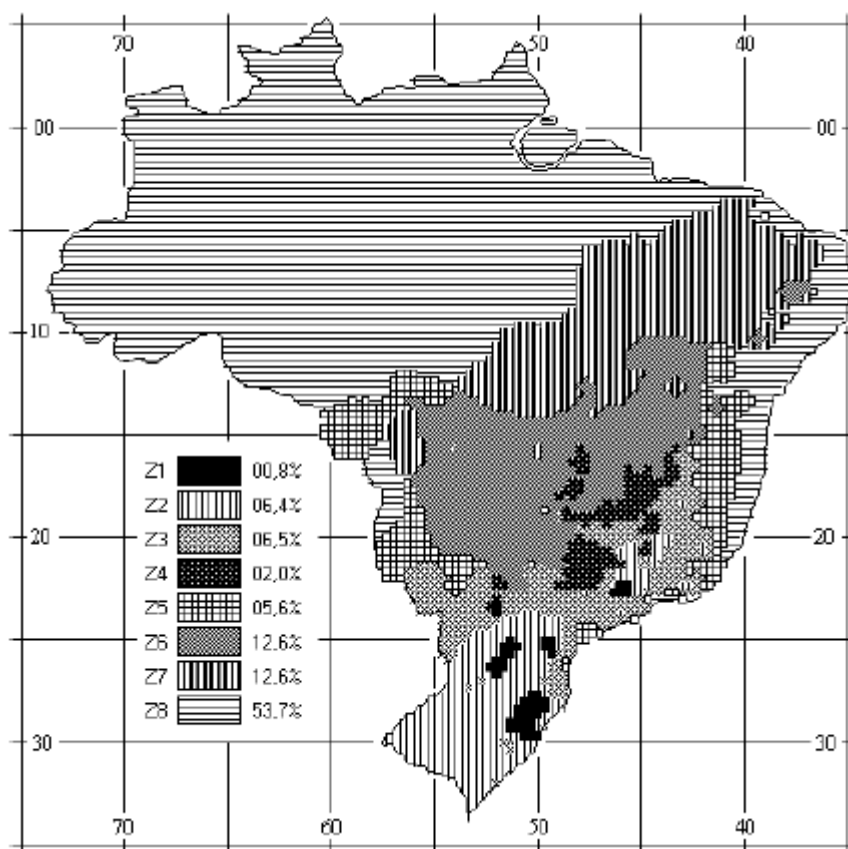
A NBR 15220 (2003) define que a avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção.

Quando esta avaliação é feita na fase construtiva podem ser utilizadas medições *in-loco* de variáveis representativas do desempenho. Na fase de projeto esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

A terceira parte da NBR 15220-3 (2003) propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que aperfeiçoam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.

O zoneamento bioclimático brasileiro é dividido em oito zonas. A figura 2 abaixo indica as diferentes zonas bioclimáticas.

Figura 2: Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3 (2003)

Na figura 2 estão as oito zonas bioclimáticas resultantes, os números junto à legenda indicam as percentagens territoriais correspondente a cada clima. A zona 1 corresponde as regiões de clima mais frio, em contrapartida, a zona 8 corresponde as regiões de clima quente e úmido. Formulou-se para cada uma das Zonas Bioclimáticas um conjunto de recomendações tecno-construtivas e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo, objetivando aperfeiçoar o desempenho térmico das edificações conforme o clima em cada zona bioclimática (NBR 15220, 2003).

2.1.5 Desempenho térmico de coberturas

A NBR 15.575 (2003) estabelece as condições mínimas para a verificação do desempenho térmico das coberturas. A norma afirma também que a cobertura é a parte da

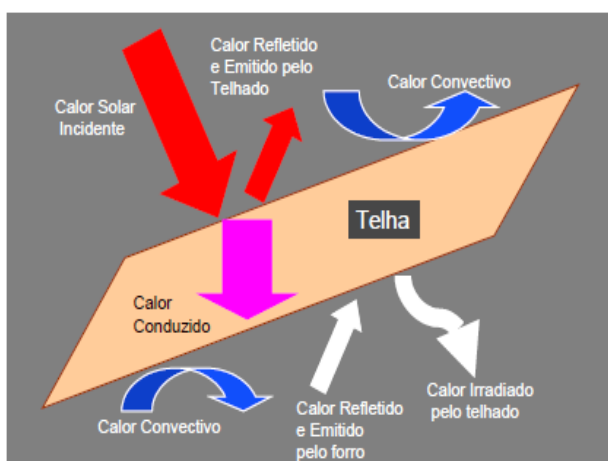
edificação mais exposta à radiação direta do sol e exerce grande influência na carga térmica transmitida aos ambientes e influencia diretamente no conforto térmico dos seus usuários.

Nos climas quente-úmidos a variação da temperatura diurna e noturna é menor que nos climas quente-secos, o desenho da cobertura deve seguir o critério de isolar sem armazenar calor (MASCARÓ, 1991).

A existência de câmaras de ar em coberturas é uma solução econômica e muito eficiente para o problema de transmissão de calor através da cobertura, por isso é indispensável à utilização de forros (MASCARÓ, 1991).

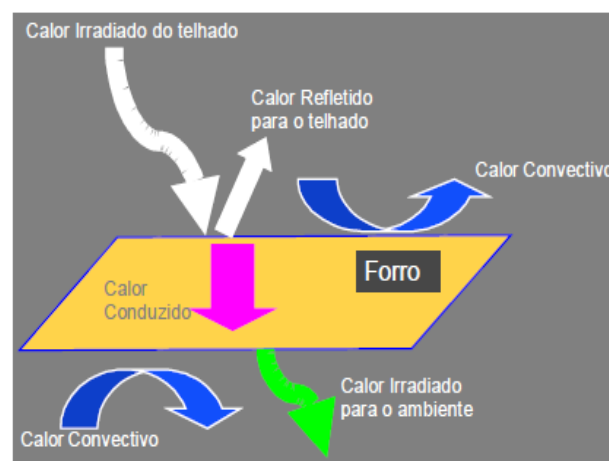
Em uma cobertura que se constitui de telhado e forro, as trocas de calor entre os ambientes externo e interno ocorrem conforme ilustrado nas figuras 3 e 4 (VITTORINO et al, 2003).

Figura 3 - Trocas de calor entre telhado



Fonte: VITTORINO et al, (2003)

Figura 4 - Trocas de calor entre forro



Fonte: VITTORINO et al, (2003)

A cobertura está associada na utilização de materiais isolantes, que reduzem a transferência de calor por condução. Entre os materiais isolantes encontram-se mantas, painéis de fibras minerais ou orgânicas, espumas de poliuretano ou polietileno entre outros. Além dos materiais isolantes uma outra forma de reduzir os ganhos de calor pela cobertura é o uso de materiais de alta refletância na face externa das coberturas (VITTORINO et al, 2003).

2.1.6 Características das telhas do estudo

As coberturas correspondem a parte do envelope construtivo mais exposta a radiação solar, sendo um dos fatores de maior contribuição para o ganho térmico em edifícios. Entre as características relacionadas aos efeitos da radiação solar nos edifícios, destaca-se a condição das superfícies opacas de absorverem ou refletirem a radiação, ou seja, sua absortância ou refletância (SILVEIRA *et al*, 2012).

O tratamento e a seleção dos materiais de revestimento têm grande influência no comportamento térmico do edifício e podem auxiliar a carga térmica a ser absorvida. A cobertura, ao mesmo tempo em que recebe grande quantidade de calor, também tem a propriedade de irradiar o calor acumulado. Essa propriedade varia conforme as características térmicas dos materiais escolhidos para formar as coberturas e devem ser aplicadas de forma a seguir as estratégias climáticas mais adequadas de cada localidade (PERALTA, 2006).

Na atual evolução tecnológica a busca por produtos de baixo custo associados à questão ambiental toma uma enorme proporção, inclusive na indústria da construção civil. São vários os estudos que demonstram interesse no sentido de desenvolver técnicas para melhorar a utilização dos recursos naturais do planeta (MORAIS, 2011).

2.1.6.1 Telha de embalagens longa vida

A telha feita de material de embalagens longa vida é durável e muito resistente ao tempo, quando comparada a outras telhas. Por ter uma de suas faces revestida com uma camada de alumínio, além da durabilidade e resistência, ela atua na reflexão da luz solar, deixando o ambiente mais fresco e agradável, evitando o efeito estufa gerado pelas altas temperaturas. Elas podem ser empregadas tanto para cobertura quanto para fechamentos laterais, e trata-se de material atóxico (ARAUJO *et al*, 2008).

Em relação à leveza, a telha reciclada pesa aproximadamente 12 kg, a metade do modelo convencional de fibrocimento. Isso acaba gerando uma série de facilidades, principalmente em relação ao transporte. No canteiro de obras, essa mistura também é favorável: se alguma telha cair durante sua colocação no telhado, ela não irá quebrar (ARAUJO *et al*, 2008).

Essa telha pode também representar uma redução no gasto com mantas isolantes térmicas. O motivo está em um dos elementos que formam as embalagens. O alumínio por ser isolante térmico natural, chega a isolar a temperatura de 25 a 30% (ARAÚJO *et al*, 2008).

2.1.6.2 Telha de papel reciclado

A telha produzida com resíduos de papel é uma telha fabricada a partir de papel reciclado. Essa telha constitui-se basicamente de quatro tipos de materiais: fibra de resíduos de papel, água, betume asfáltico e resinas pigmentadas. O papel e água são utilizados na primeira fase de fabricação da telha, formando a manta. A o betume asfáltico e a resinas pigmentadas dão o acabamento final, conferindo propriedades impermeabilizantes e proteção UV ao novo material (LESSA, 2009).

Segundo a Resolução nº. 307 do CONAMA o papel é um material classificado como resíduo classe B, e tem boa reciclabilidade. São aqueles que permitem reciclagem que entra no processo produtivo de outro material, ou seja, material de reciclagem secundária. O betume é um produto orgânico de origem natural, composto por uma mistura de hidrocarbonetos. São materiais aglomerantes (ligantes), porém não necessitam de adição de água para iniciarem a pega. Possuem certo grau de viscosidade e tornando-os rígidos a determinada temperatura (LESSA, 2009).

O papel utilizado no processo chega à fábrica através de cooperativas de catadores de papel e é armazenado em silos. Não há uma seleção do papel a ser usado, sendo utilizado o papel jornal, o papel Kraft e o papelão (LESSA, 2009).

As telhas são fabricadas com largura útil de 850 mm, largura total de 950 mm, comprimento de 2000 mm, 3 mm de espessura e massa de aproximadamente 6,4 Kg.

2.1.6.3 Telha de fibrocimento

No mercado atual, as telhas de fibrocimento são muito conhecidas e usadas pelo consumidor, com propriedades já comprovadas na construção civil. Entretanto, em contraponto às telhas ecológicas elas não possuem a chancela de produto verde ou ambientalmente sustentável e, e usam matérias-primas que podem trazer prejuízo ao meio-ambiente e à saúde do ser humano (LESSA, 2009).

O uso desse material é muito criticado pelos defensores do meio ambiente, devido a sua composição conter minérios retirados da natureza, dentre eles o amianto, prejudicial à saúde humana e com seu uso banido em diversos países. A telha de fibrocimento é composta de uma mistura de água, cimento, calcário, fibra de amianto crisotila, celulose e lama de cal. (LESSA, 2009).

A técnica que se utiliza na fabricação da telha de fibrocimento é industrializada e mecanizada, com alguns processos realizados sob enclausuramento devido à toxicidade dos produtos utilizados. Através de um painel de controle automatizado a dosagem dos produtos é controlada e os produtos são submetidos a controle de qualidade no final da produção (LESSA, 2009).

As telhas de fibrocimento são fabricadas em diversas ondulações e dimensões, redundando em diversos modelos presentes no mercado brasileiro. Essa diversidade de modelos e tamanhos proporciona uma variedade de opções para o consumidor final.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Caracterização da amostra

Três protótipos de casas foram edificadas em madeira de Pinus, cada um coberto com um tipo de telha, sendo dois com telhas ecológicas, uma fabricada utilizando embalagens longa vida e outra a partir de fibras de papel reciclado e o terceiro protótipo foi coberto com telha de fibrocimento convencional. Os materiais utilizados na construção dos protótipos juntamente com o conjunto de telhas, foram fornecidos por uma empresa de materiais de Construção e adquiridos com recursos próprios.

As construções dos protótipos em que se utilizaram dois tipos alternativos com a convencional de cobertura foram edificadas na região urbana do município de Diamante do Sul, PR, localizado a uma latitude de 25° 2' 21'' S, longitude 52° 41' 29'' W e altitude de 642 m.

Desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa, onde foram analisados os dados obtidos através das temperaturas, comparando a eficiência de cada uma. Buscou-se sugerir com esta coleta de dados a possibilidade de um melhor conforto térmico obtendo economia de energia, com possíveis alternativas de uso sustentável de materiais na construção civil e até mesmo de matéria-prima.

3.1.2 Materiais

Cada protótipo possuía 1,5 metros de comprimento por 1,5 metros de largura, totalizando uma área coberta interna de 2,25 m², distanciados por aproximadamente 2,5 metros um do outro. Como se pode observar na figura 6, a base para o levantamento dos pilares e paredes foi feita utilizando a conexão entre quatro pontaletes de pinus (5x5x150cm), formando uma estrutura quadrangular apoiada em tijolos nos quatro vértices e os mesmos cravados em solo.

Figura 6 – Base para construção dos protótipos



Fonte: AUTOR (2017)

Pelo fato da estrutura ser considerada leve, nos vértices da base foram utilizadas como pilares de sustentação as próprias tábuas da construção das paredes mostrados nas figuras 7 e 8, sendo as mesmas de pinus e com dimensões de 2x30x300cm (divididas ao meio para se adequarem a estrutura dos protótipos) seguindo a NBR 7190 de Projetos de Estruturas de Madeira, que instrui as condições exigíveis para execução de construções em madeira.

Figura 7 - Levantamento dos pilares



Fonte: AUTOR (2017)

Figura 8 - Levantamento das paredes



Fonte: AUTOR (2017)

Mostra-se na figura 10 que para a execução da estrutura das coberturas foram utilizados os mesmos pontaletes usados na base com as dimensões 5x5x300cm, cortados conforme as medidas padronizadas.

Figura 10 – Estrutura da cobertura



Fonte: AUTOR (2017)

Para a execução da cobertura com a telha ecológica de embalagens longa vida, foi escolhido o modelo da telha ondulada com inclinação da cobertura compreendida em aproximadamente 27%, segundo NBR 15575 (2003). As dimensões destas telhas apresentam

largura útil de 860 mm (milímetros), largura total de 920 mm, comprimento de 2200 mm, espessura de 6 mm e peso de 14 kg, de acordo com a figura 11.

Figura 11 – Cobertura com telha de embalagens longa vida



Fonte: AUTOR (2017)

Já para a execução da cobertura com a telha ecológica de papel reciclado, foi escolhido o modelo da telha ondulada com inclinação da cobertura compreendida em aproximadamente 27%, segundo NBR 8039 (1983). As dimensões destas telhas apresentam

largura útil de 850 mm, largura total de 950 mm, comprimento de 2000 mm, espessura de 3 mm e peso de 6,4 kg como mostra a figura 12.

Figura 12 – Cobertura com telha de papel reciclado



Fonte: AUTOR (2017)

E finalmente para a execução da cobertura, a figura 13 mostra que para a telha de fibrocimento também foi escolhido o modelo ondulado com aproximadamente 27% de inclinação da cobertura, segundo norma já citada e apresentou largura útil de 870 mm, largura total de 920 mm, comprimento de 2130 mm, espessura de 6 mm e peso de 24 kg.

Figura 13 – Cobertura em telha de fibrocimento



Fonte: AUTOR (2017)

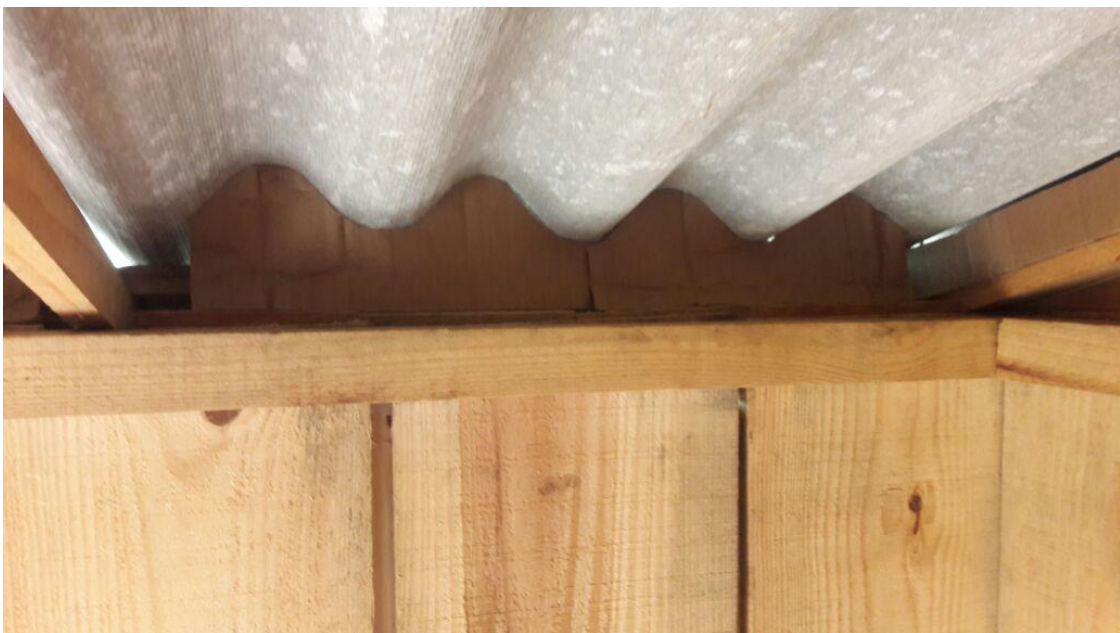
A figura 14 mostra que foram construídos beirais em tabuas de forro de pinus com dimensões de 20 cm para a não circulação de ar dentro das edificações que poderia resultar em alterações nas medições de temperatura. Com o mesmo propósito dos beirais, logo após a execução da cobertura foi realizado os preenchimentos entre as paredes e o telhado em todos os protótipos, para esta finalidade foram utilizadas passarinheiras confeccionadas em papelão mostradas na figura 15

Figura 14 - Beiral.



Fonte: AUTOR (2017)

Figura 15 – Passarinheiras confeccionadas em papelão



Fonte: AUTOR (2017)

A figura 16 mostra os três protótipos construídos baseando-se e telhas de diferentes tipos de materiais seguindo a ordem respectivamente: Embalagens longa vida, fibra de papel reciclado e fibrocimento.

Figura 17 – Protótipos construídos com diferentes tipos de telhas



Fonte: AUTOR (2017)

3.1.3 Equipamentos para coleta de dados

Para avaliar o desempenho térmico das coberturas foi instalado no interior de cada protótipo um TERMOPAR (figura 18) fornecidos pelo Centro Universitário Assis Gurgacz. Termopares são sensores de temperatura simples, robustos e de baixo custo, sendo amplamente utilizados nos mais variados processos de medição de temperatura. Um TERMOPAR é constituído de dois metais distintos que unidos por suas extremidades formam um circuito fechado gerando uma força eletromotriz (FEM), que quando conectado a um instrumento de leitura consegue ler a temperatura do processo (SCERVINI, 2009). Cada TERMOPAR foi instalado a uma altura de 0,75 m do solo, sendo também instalado um sensor TERMOPAR entre os protótipos aferindo a temperatura externa para comparações.

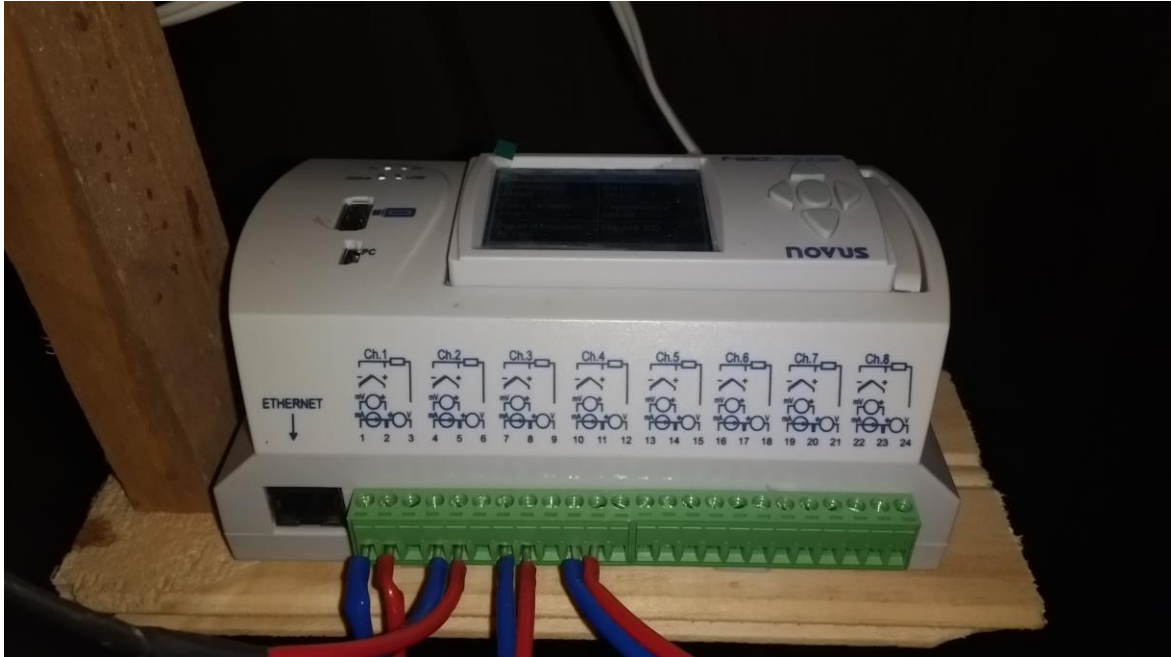
Figura 18 – TERMOPAR



Fonte: AUTOR (2017)

O equipamento que auxiliou na coleta e armazenamento dos dados dos TERMOPARES foi o DATTALOGGER (figura 19), fornecido pela instituição de ensino Centro Universitário FAG. Esse equipamento possui uma unidade de memória que permite reter essas informações. Após a realização das medições das temperaturas durante um período de 15 dias ininterruptos que se compreendeu entre Maio e Junho de 2017. Foram gerados gráficos através de um programa no software do mesmo, onde foram comparadas as medições internas dos protótipos com a temperatura externa, possibilitando estabelecer os parâmetros de análise térmica entre as telhas utilizadas.

Figura 19 – DATTALOGGER



Fonte: AUTOR (2017)

CAPÍTULO 4

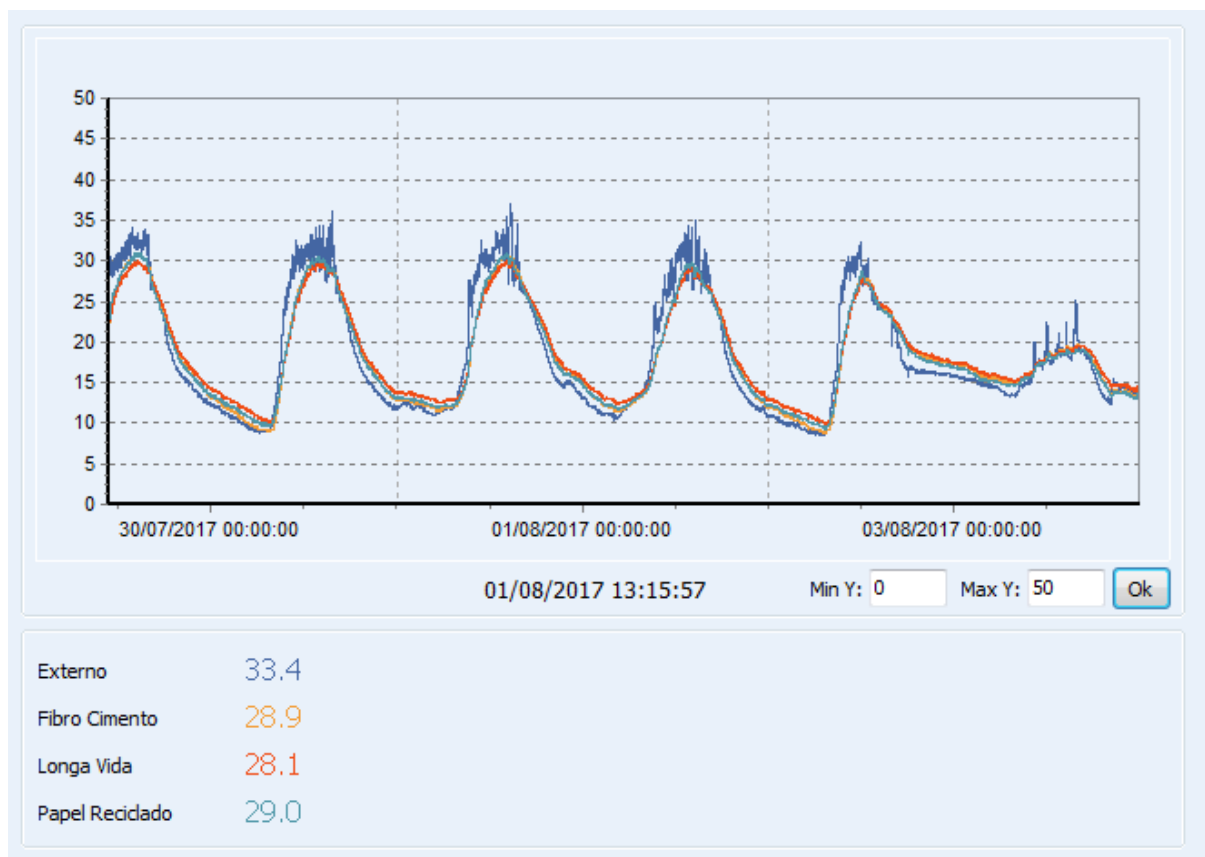
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O período de medições ocorreu a partir do dia 29 de julho de 2017, às 22h00min, até o dia 13 de agosto de 2017, às 22h00min, fechando o período de 15 dias de medições.

Foram verificadas variações de temperatura em relação à parte interna dos protótipos e a temperatura ambiente. Como mostra o Gráfico 1, as medições de temperaturas externas estão representadas pela linha azul escuro, a linha laranja representa as medições no protótipo de telha fibrocimento, a linha vermelha as medições do protótipo de telha de embalagens longa vida e por fim a linha azul claro as medições do protótipo de telha de fibras de papel reciclado.

Conforme o Gráfico da Figura 20, nos primeiros cinco dias de coleta, observa-se que a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 31 de julho, às 14h56min, registrando 32,4 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de fibrocimento neste momento se manteve em 30,6 °C, a de embalagens longa vida em 29,6 °C e a de fibras de papel reciclado em 30,4 °C. Já a temperatura externa mais baixa, ficou registrada no dia 02 de agosto, às 06h52min, com 8,7 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de fibrocimento neste momento se manteve em 9,0 °C, a de embalagens longa vida em 10,3 °C e a de fibras de papel reciclado em temperatura de 9,6 C°.

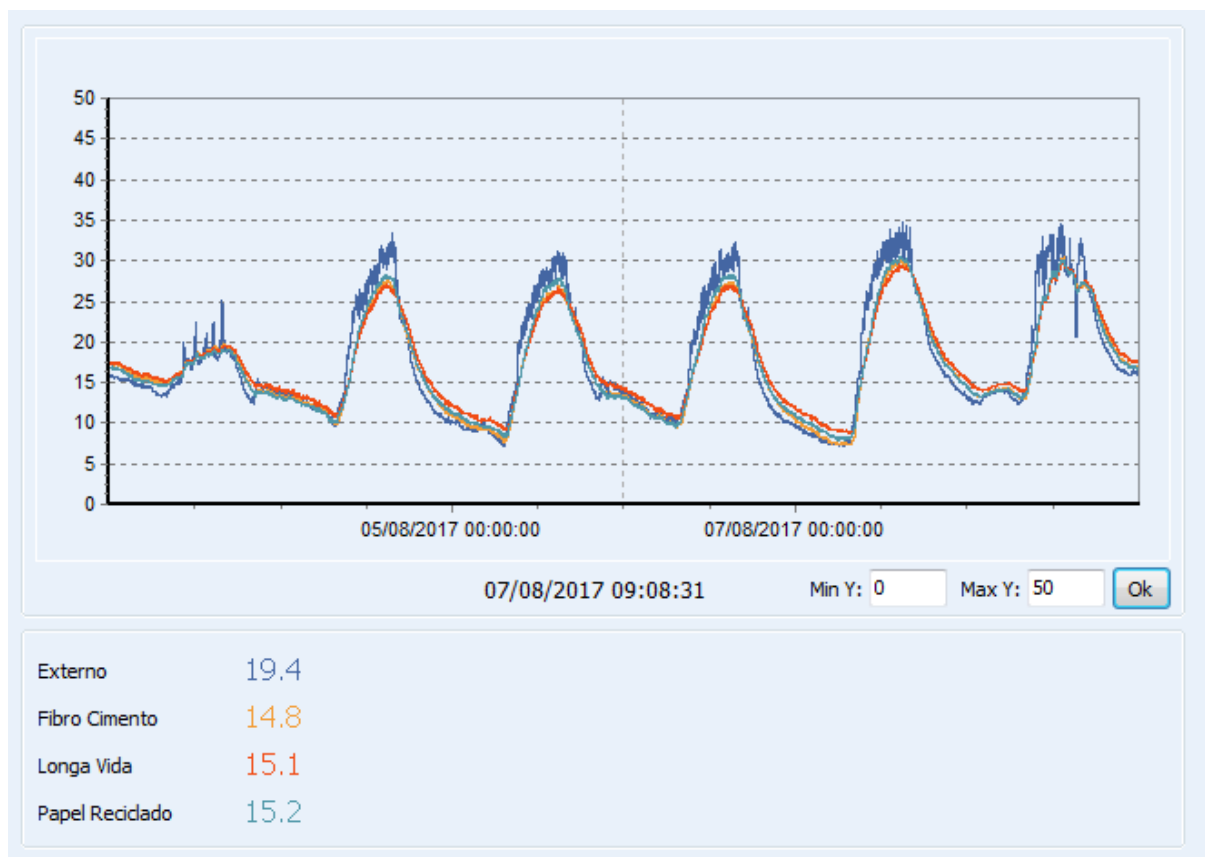
Figura 20 – Gráfico de registro dos primeiros cinco dias



Fonte: AUTOR (2017)

Segundo o Gráfico da Figura 21, no segundo período de cinco dias de coleta, observa-se que a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 07 de agosto, às 14h46min, com temperatura externa de 29,4 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de fibrocimento neste momento se manteve em 30 °C, a de embalagens longa vida em 29,4 °C e a de fibras de papel reciclado em 30,3 °C. Para a temperatura externa mais baixa, ficou registrada também no dia 07 de agosto, às 05h23min, com 7,2 °C para o protótipo de telha de fibrocimento neste momento registrou 7,8 °C, a de embalagens longa vida em 9,1 °C e a de fibras de papel reciclado em temperatura de 8,5 C°.

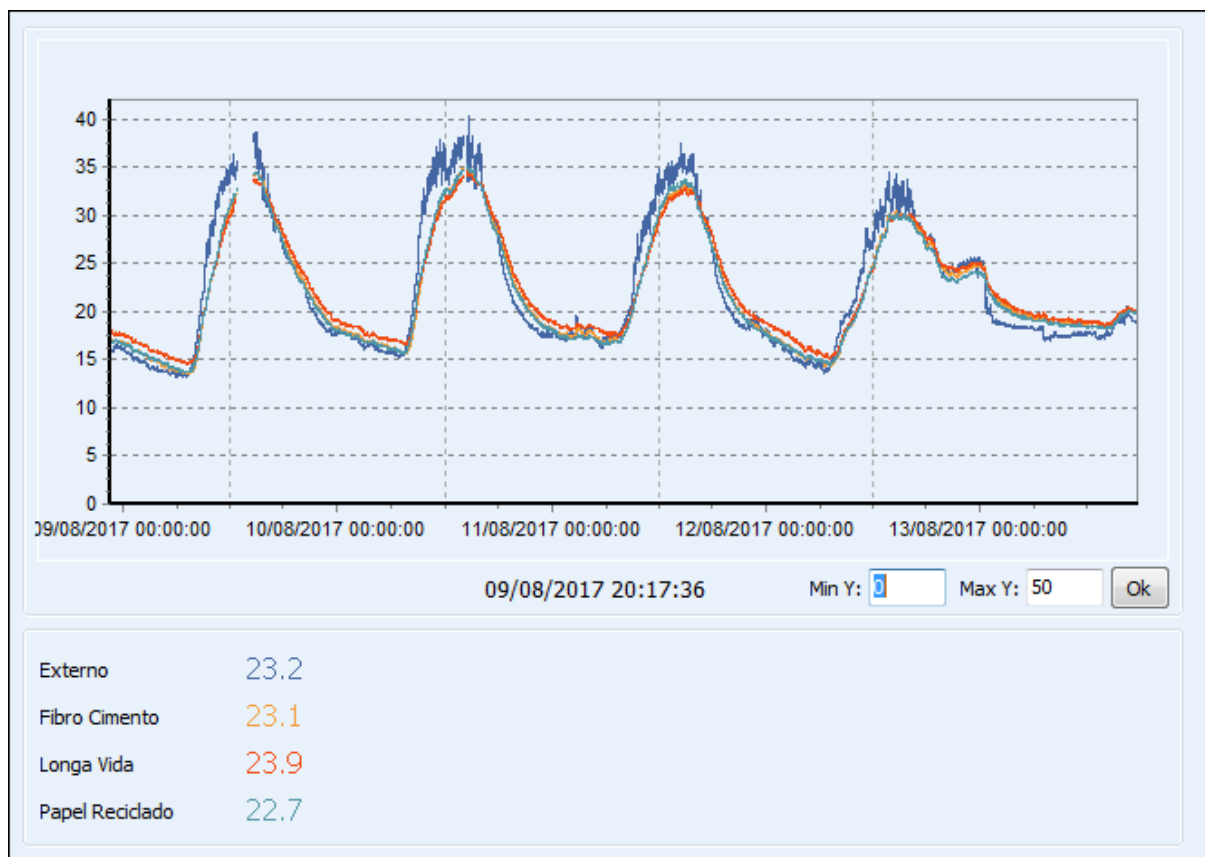
Figura 21 – Gráfico de registros do segundo período de cinco dias



Fonte: AUTOR (2017)

No período final de cinco dias, como mostra o Gráfico da Figura 22, a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 10 de agosto, às 13h57min, com temperatura externa de 36,6 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de fibrocimento neste momento se manteve em 34,7 °C, a de embalagens longa vida em 33,8 °C e a de fibras de papel reciclado em 34,6 °C. A temperatura externa mais baixa ficou registrada no dia 09 de agosto, às 06h54min, com 13,3 °C para a temperatura do protótipo de telha fibrocimento neste momento registrou 13,5 °C, a de embalagens longa vida em 14,7 °C e a de fibras de papel reciclado em temperatura de 13,6 C°.

Figura 22 – Gráfico de registros do ultimo período de cinco dias



Fonte: AUTOR (2017)

4.1.1 Comparativo geral de temperaturas

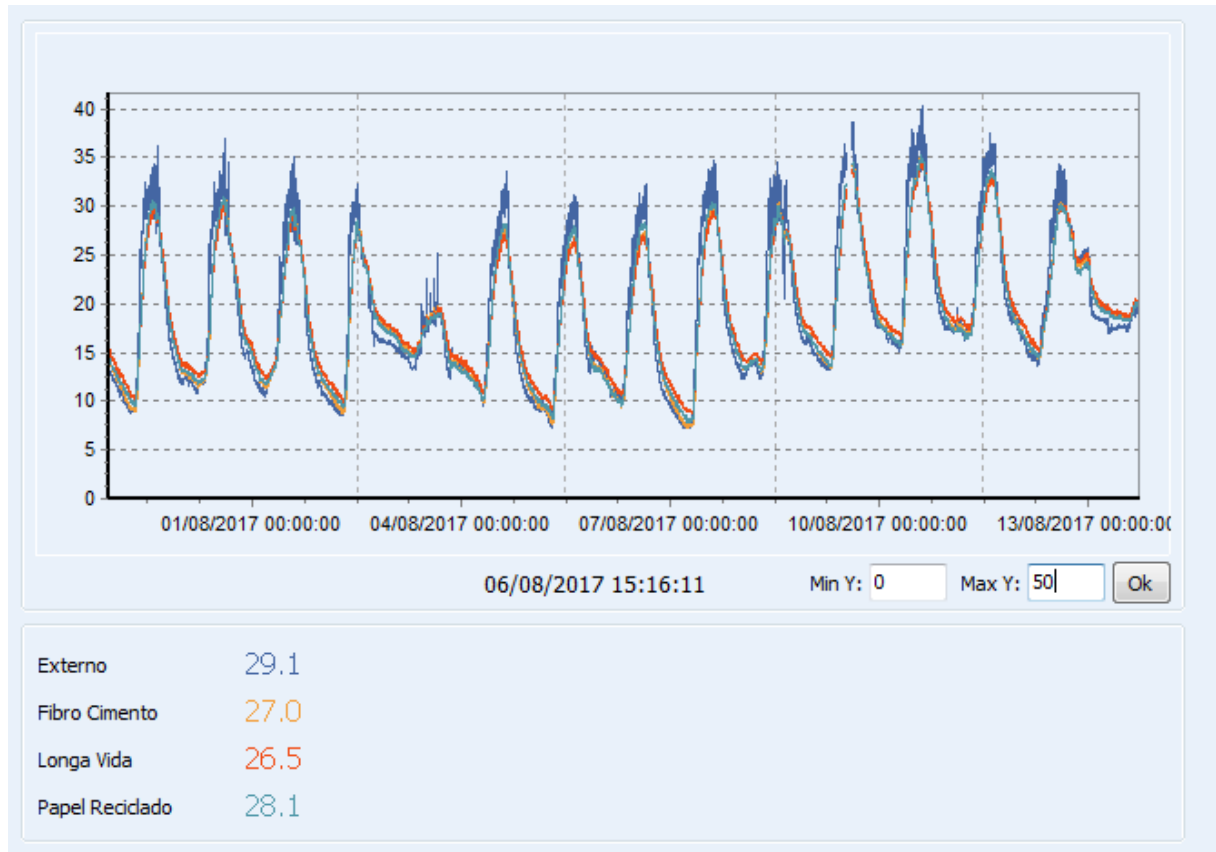
Perante o gráfico da Figura 23, verificou-se que ocorreu diferença na temperatura externa comparada com a temperatura no interior dos protótipos, visto que a interna permaneceu com valores inferiores nos dias mais quentes e inferiores nos dias mais frios.

Através do estudo realizado pode-se obter informações em relação às variações de temperatura de acordo com cada tipo de cobertura.

De acordo como mostra o mesmo Gráfico, no momento em que foi registrada a temperatura mais alta (36,6 °C às 13h57min do dia 10 de agosto), a telha fabricada a partir de embalagens longa vida se mostrou mais eficiente em termos de isolamento térmico, mantendo o interior do protótipo com temperatura mais baixa em relação às de fibrocimento (34,8 °C) e a de fibras de papel reciclado (34,6 °C). Analisando o dia mais frio (7 de agosto, às 5h23min) com temperatura ambiente registrada em 7,2 °C, observa-se que o desempenho térmico dessa mesma telha também mostrou-se mais eficiente em relação as outras estudadas, marcando 9,2

°C em comparação com protótipo coberto com a telha de fibrocimento que foi de 7,6 °C e no de fibras de papel reciclado registrou-se 8,4 °C de temperatura interna.

Figura 23 – Gráfico do período de quinze dias estudados.



Fonte: AUTOR (2017)

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos para o presente estudo foram atingidos, sendo estes analisar o desempenho térmico para os três modelos de cobertura: telha de fibrocimento, telha de embalagens longa vida e telha de fibras de papel reciclado, e verificar o que teve melhor desempenho em relação ao conforto e isolamento térmico. Dessa maneira, o trabalho realizado permite concluir que a telha de embalagens longa vida mostrou-se mais eficiente que as demais.

Durante o período da coleta de dados verificou-se que em dias mais quentes o protótipo de telha de embalagens longa vida se manteve com a temperatura interna mais baixa que os protótipos de telhas de fibrocimento e fibras de papel reciclado, também em dias mais frios o mesmo manteve-se com temperaturas mais elevadas que os outros dois. Destacando assim que o protótipo coberto com telha de embalagens longa vida teve o melhor desempenho em relação a não condução de calor.

Levando em consideração o lado sustentável, as telhas recicladas são uma ótima aposta, porém em relação ao custo benefício e devido ao bom desempenho térmico, a telha fabricada a partir de embalagens longa vida se destaca.

No atual contexto da humanidade e tempos de desordem econômica aumenta a conscientização e como consequência a procura por materiais sustentáveis na área da construção civil, sendo que outro benefício em optar pela utilização de produtos com bom isolamento térmico é auxiliar na diminuição do uso de aparelhos utilizados no resfriamento ou aquecimento de ambientes, evitando principalmente possíveis doenças e consumo de energia excessiva.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Buscando a continuidade da pesquisa, sugere-se:

1. Avaliar a melhor opção de cobertura para galpões de criação de frango de corte;
2. Analisar a resistência das telhas de embalagens longa vida comparadas as de fibra de papel reciclado.
3. Avaliar o conforto acústico utilizando coberturas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ASHRAE – **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. p. 1-52., Atlanta GA, 2003.

ARAÚJO, D. C.; MORAIS, C. R. S.; ALTIDES, M.E.D. Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Vol.3.2, p. 50-56, 2008.

BATISTA, J. O.; LAMBERTS, R. Classificação do desempenho térmico da casa eficiente: avaliação segundo as normas brasileiras. In. LAMBERTS R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente, Bioclimatologia E Desempenho Térmico**. Vol. 1, Cap. 1, p. 19-36, Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010.

CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **GESTÃO DE RESÍDUOS E PRODUTOS PERIGOSOS – Tratamento**, RESOLUÇÃO No 307, Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, p. 95-96, 140 Portaria revogada pela Portaria MMA nº 499, 2002.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. Exigencias Humanas Quanto ao Conforto Térmico In. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Estudio Nobel, Cap. 1, p. 19-30, 2001.

LESSA, M. L. S. **Critérios de sustentabilidade para elementos construtivos – um estudo sobre telhas “ecológicas” empregadas na construção civil**. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, p. 156, Salvador – Bahia, 2009.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. Variáveis Climáticas. In. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: ProLivros, Cap. 2, p.35-38, 2004.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C.; BATISTA, J. O.; MARINOSKI, D. L.; NARANJO, A.; DUARTE, V. C. P.; Conforto Térmico. Desempenho Térmico de Edificações. Laboratório de Eficiência energética em Edificações. **Universidade Federal de Santa Catarina** – Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis. Cap. 1, p. 6-28, 2016.

MARINOSKI, D. L.; SOUZA, G. T.; SANGOI, J.M.; LAMBERTS, R. Utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos. In. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 6 a 8 de Outubro de 2010, Canela – RS.

MASCARÓ, L. R. Conforto Térmico e Energia. In. **Energia na Edificação-Estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: PW Gráficos, 2ª edição. Cap. 4, p. 45-64, 1991.

MORAIS, D. M. **Análise do conforto térmico em protótipos de habitações para usuários de baixa renda, com isolamento térmico reutilizando embalagens tetra pak**. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

NASCIMENTO, L. F.; TOMETICH, P. **SUSTENTABILIDADE: Resultados das pesquisas do ppga/ea/ufrgs. 1.13 gestão de resíduos sólidos: um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais**. p. 32 a 41, Livraria cultura, Porto Alegre – Rio Grande do Sul, 2013.

NBR 15220. **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 15575. **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, A. B. Melhoria Do Processo Hatschek, Por Meio De Tratamento De Dados Históricos, Para Fabricação De Telhas Onduladas. São Paulo, 2010. 100p. Dissertação (Mestrado) – **Universidade de São Paulo**.

Paula, R. Z. R. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído**. Universidade estadual de campinas faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo, p. 119, Campinas, 2004.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: Analise de monitoramento e normalização específica**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, p. 131, São Carlos, 2006.

SCERVINI, M.; **Thermoelectric Materials For Thermocouples**. University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy. Agosto, 2009.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Principais normas técnicas para edificações**. Belo Horizonte: Sinduscon-MG/CBIC. p. 98, 2013.

SILVEIRA, R.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Avaliação da absorvência à radiação Solar e temperatura superficial de telhas de fibrocimento utilizadas nas Coberturas de edificações do campus da UFSC. In. **XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 29 a 31 Outubro de 2012 - Juiz de Fora, MG.

SAVASTANO JR, H. Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais. In. ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. **Coletânea Habitare**. Vol. 4, p.4, Porto Alegre, 2003.

SEVEGNARE, K. B.; FILHO, H. G.; SILVA, I. J. O. **Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico**. Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP, C.P. 9, P. 07, Piracicaba, São Paulo – SP.

PASSOS, P. R. A. **Destinação Sustentável de Cascas de Coco (*Cocos nucifera*) Verde: Obtenção de Telhas e Chapas de Partículas**. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro, RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ. 2005

VITTORINO, F.; SATO, N. M. N.; AKUTSU, M. **Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas**. ENCAC – COTEDI, Curitiba, 5 a 7 de novembro de 2003.