

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
FLÁVIA STRASSBURGER

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO EM MODELOS REDUZIDOS
UTILIZANDO TELHA CERÂMICA E TELHA DE CONCRETO COMO SISTEMA
DE COBERTURA**

CASCADEL – PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
FLÁVIA STRASSBURGER

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO EM MODELOS REDUZIDOS
UTILIZANDO TELHA CERÂMICA E TELHA DE CONCRETO COMO SISTEMA
DE COBERTURA**

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

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

CASCADEL – PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

FLÁVIA STRASSBURGER

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO EM MODELOS REDUZIDOS
UTILIZANDO TELHA CERÂMICA E TELHA DE CONCRETO COMO SISTEMA
DE COBERTURA**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora Arquiteta e Urbanista Mestre Janaina Bedin.

BANCA EXAMINADORA



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



Professora Especialista Andréa Resende Souza
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil



Professor Especialista Ricardo Paganin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 03 de novembro de 2016.

“A Deus que nunca me desamparou, me dando forças para conseguir vencer mais essa importante etapa em minha vida. A minha mãe, meu pai (*in memoriam*) e aos meus irmãos que acreditaram no meu potencial. A professora Janaína Bedin que sempre se dedicou, fazendo o seu melhor e contribuindo ricamente para minha formação profissional”.

AGRADECIMENTOS

Quero começar agradecendo a Deus, por ter me dado forças durante essa jornada para que eu conseguisse realizar mais esse sonho. Muito obrigado Senhor, sem ti eu jamais teria chegado até aqui.

Pai (*in memoriam*), é impossível expressar em palavras a minha gratidão e meu amor por ti, serei eternamente grata por tudo que tens feito por mim, por ter sempre acreditado em meu potencial e apesar de não estar mais presente em nossas vidas, em corpo, porque em alma está a todo o momento, cada conquista da minha vida é sua também.

Mãe e irmãos, ter vocês ao meu lado esses anos fez toda a diferença. Obrigado por acreditarem em mim e especialmente aos meus irmãos por me auxiliarem na elaboração deste trabalho através dos conhecimentos que já adquiriram na formação acadêmica de vocês. Apesar de Deus ter levado a pessoa mais importante de nossas vidas, no meio dessa minha caminhada vocês me encorajaram quando eu não tinha mais forças, e sempre estiveram ao meu lado nos momentos de fraqueza. Essa vitória é nossa!

À professora Janaína Bedin, por ter sido um exemplo de professora, sempre responsável, educada e paciente. Por não ter poupado esforços para a condução deste trabalho, pela amizade e carinho a mim dispensados e por ser uma excelente profissional, à qual me espelho.

Ao Centro Universitário Assis Gurgacz por ter proporcionado a mim, a obtenção de conhecimentos e pela oportunidade de concretizar esse sonho, dando-me o título de bacharel em Engenharia Civil.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho e para minha formação acadêmica. Meu muito obrigado a todos, tenho a certeza que cada um com quem tive contato durante esses anos deixou uma pequena contribuição e sem vocês eu jamais teria alcançado essa vitória.

RESUMO

A busca por materiais sustentáveis na construção civil aumentou e muito nos últimos anos. No entanto, não é possível pensar em sustentabilidade sem pensar em conforto térmico. O ser humano, para ter um bom desempenho, seja em seu trabalho, em suas tarefas diárias, em casa ou em qualquer lugar, precisa se sentir confortável para que a fadiga ou o stress sejam evitados. Porém, nem todas as pessoas optam pela escolha de um material sustentável e optam por aparelhos que possam satisfazer o conforto, sem pensar no consumo de energia elétrica que o mesmo pode ter, ou até mesmo os problemas de saúde que pode causar. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de comparar dois modelos de coberturas em protótipos de casas, sendo avaliada a medição da temperatura ambiente (externa) e a interna de cada protótipo. O experimento foi conduzido na cidade de Santa Helena - PR entre os meses de agosto e setembro de 2016. Para o delineamento experimental foi adotado apenas dois modelos de telhas: a telha de cerâmica e a telha de concreto. Foram coletadas as temperaturas internas e externas de cada protótipo, através de termopares, de hora em hora durante o período de um mês. Os dados foram armazenados em um DataLogger, onde o mesmo forneceu um gráfico com as variações das temperaturas nos três locais. Com o gráfico fornecido obteve-se que a maior variação de temperatura ocorreu na terceira semana das medições. O protótipo de telha de cerâmica foi o que apresentou o melhor desempenho térmico quando comparado ao de telha de concreto, sendo que em dias quentes a mesma foi 9% mais eficiente que telha de concreto e em dias frios chegou a ser 10% mais eficiente, sendo que os dois modelos de telhas se apresentaram de acordo com a NBR 15220-3 (2003).

Palavras-Chave: Conforto Térmico, Telhas, Sustentabilidade.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos modelos de telhas.....	46
--	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Maiores variações de temperaturas ocorridas durante o mês das medições.	47
Gráfico 2 - Menores variações de temperaturas ocorridas durante o mês das medições.	47
Gráfico 3 - Média das temperaturas mais elevadas e mais baixas.....	48
Gráfico 4 - Porcentagem das temperaturas nos protótipos de telha de concreto e de telha cerâmica em relação a temperatura externa.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.	18
Figura 2 – A esfera terrestre e as coordenadas do ponto A.	22
Figura 3 – Mapa de clima do Brasil.	27
Figura 4 – Definição do local dos protótipos.	29
Figura 5 – Local dos protótipos.....	29
Figura 6 - Execução da alvenaria.	30
Figura 7 - Execução da alvenaria.	30
Figura 8 - Execução do revestimento de parede.....	31
Figura 9 - Revestimento de parede finalizado.	31
Figura 10 - Execução da cobertura em Telha Francesa.....	32
Figura 11 - Execução da cobertura em Telha Francesa.....	32
Figura 12 - Execução da cobertura em Telha Francesa.....	33
Figura 13 - Execução da cobertura em Telha Coppo Veneto.....	34
Figura 14 - Preenchimento no protótipo de telha de cerâmica.	35
Figura 15 - Preenchimento no protótipo de telha de concreto.....	35
Figura 16 - Protótipos finalizados.	36
Figura 17 - Termopar no protótipo de telha de cerâmica.	37
Figura 18 - Termopar no protótipo de telha de concreto.....	37
Figura 19 - Termopar externo.....	38
Figura 20 - Croqui de implantação dos termopares nos protótipos.....	38
Figura 21 - Datalogger.....	39
Figura 22 - Gráfico de registro das temperaturas da primeira semana.....	41
Figura 23 - Gráfico de registro das temperaturas da segunda semana.	42
Figura 24 - Gráfico de registro das temperaturas da terceira semana.	43
Figura 25 - Gráfico de registro das temperaturas da quarta semana.	44
Figura 26 - Gráfico de registro de temperaturas.....	45

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
CAPÍTULO 2	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1 Conforto térmico e sustentabilidade	16
2.1.2 NBR 15220/2003 - Desempenho térmico de edificações	17
2.1.3 Importância dos fatores ambientais no conforto térmico	18
2.1.3.1 Temperatura do ar	19
2.1.3.2 Umidade	19
2.1.3.3 Ventilação	20
2.1.4 Noções de clima	20
2.1.4.1 Fatores climáticos	20
2.1.4.2 Radiação solar	21
2.1.4.3 Movimento aparente do Sol	22
2.1.4.4 Longitude	22
2.1.4.5 Latitude	23
2.1.5 Índices de conforto térmico	23
2.1.6 Análise comparativa do ciclo de vida das telhas cerâmicas versus telhas de concreto	24
2.1.7 Modelos reduzidos	25
2.1.7.1 Telha cerâmica	25
2.1.7.2 Telha de concreto	26
2.1.7.3 Dados climáticos da região do projeto	26
CAPÍTULO 3	28
3.1 METODOLOGIA	28
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	28
3.1.2 Caracterização da amostra	28

3.1.3 Coleta de dados	36
3.1.4 Análise dos dados.....	39
CAPÍTULO 4.....	40
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1.1 Temperatura interna x Temperatura externa	40
4.1.2. Comparativo temperaturas.....	44
4.1.3 Relação telha cerâmica x telha de concreto	45
CAPÍTULO 5.....	50
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
CAPÍTULO 6.....	51
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE A – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA PRIMEIRA SEMANA.....	54
APÊNDICE B – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA SEGUNDA SEMANA.....	55
APÊNDICE C – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA TERCEIRA SEMANA.....	56
APÊNDICE D – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA QUARTA SEMANA.....	57
APÊNDICE E – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS.....	58

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Segundo a *ASHRAE Standard 55* (2010), conforto térmico é definido como “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”.

Segundo Lamberts (2014, p.3):

Os estudos em conforto térmico visam principalmente analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente.

Sabemos que a arquitetura deve satisfazer ao homem e ao seu conforto, no que abrange o seu conforto térmico. Assim, segundo Frota e Schiffer (2003), sabe-se que o homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico. E a arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem às condições climáticas externas.

Nas últimas décadas os problemas ambientais e sociais acentuaram-se. Ambientais, como a redução da camada de ozônio, diminuição acelerada dos recursos naturais renováveis, mudanças climáticas, efeito estufa, contaminação dos rios e mares, chuva ácida, entre tantos outros. Problemas sociais, como a miséria, fome, baixa qualidade de vida, escassez de saneamento básico e fornecimento de recursos às populações como água e energia elétrica (TSAI, 2013).

Segundo Lamberts *et al.* (2010), os desafios de sustentabilidade firmam-se cada vez mais como necessidades urbanas no decorrer da evolução do pensamento técnico-científico. As modificações na biosfera, a exemplo de fenômenos como as ilhas de calor urbano e de aumento da concentração dos gases do efeito estufa despertam a necessidade de se repensar imediatamente o ambiente urbano e as suas edificações.

Ainda segundo Lamberts *et al.* (2010), o atual modelo de desenvolvimento econômico e os impactos decorrentes do crescimento populacional sobre o meio ambiente

demandam a adoção de alternativas sustentáveis para a 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. Além de consumir recursos naturais na extração das matérias primas, esta atividade produtiva emprega grande quantidade de energia na produção e transporte de materiais, ainda na fase de construção, e também na iluminação e condicionamento ambiental, na fase de uso.

Um desempenho térmico satisfatório da arquitetura, com a utilização apenas de recursos naturais, pode não ser possível em condições climáticas muito rígidas. Mesmo nesses casos devem-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural, pois, assim, pode-se reduzir a potência necessária dos equipamentos de refrigeração ou aquecimento, visto que a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida ao ambiente será menor (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Com este trabalho busca-se a comparação das temperaturas internas dos protótipos de casas com os dois modelos de cobertura, investigando qual possui mais eficiência em relação ao conforto térmico, fornecendo maior satisfação aos usuários.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho térmico utilizando a telha cerâmica e a telha de concreto como sistema de cobertura, em modelos reduzidos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os dois sistemas de cobertura;
- Realizar as medições de temperaturas durante o período de um mês;
- Comparar as medições de temperatura dos dois modelos de cobertura;
- Verificar a temperatura externa e correlacionar com as internas.

1.3 JUSTIFICATIVA

O conforto térmico tem sido uma das principais solicitações pelas pessoas, atualmente devido as elevadas temperaturas, porque as pessoas podem diminuir o desempenho em suas atividades, diminuindo também sua autoestima.

Por estes problemas causarem desconforto aos humanos e além das pessoas procurarem sempre por soluções mais eficientes, tem-se um gasto elevado de energia ou até mesmo de materiais, pois, muitas vezes, não se tem conhecimento do que pode ser adequado, sustentável e econômico.

Assim, segundo o autor:

A racionalização do uso da energia apresenta estreitos laços com a adequação da arquitetura ao clima, evitando ou reduzindo os sistemas de condicionamento artificial de ar, quer com a finalidade de refrigerar, quer com a de aquecer os ambientes. Os controles térmicos naturais propiciam a redução do excesso de calor resultante no interior dos edifícios, minimizando, por vezes, os efeitos de climas excessivamente quentes (FROTA e SCHIFFER, 2003, p.16).

A comparação entre os dois modelos de cobertura a ser analisado é muito importante, visto que as pessoas podem ter conhecimento das condições de conforto que cada telha possui, podendo assim evitar o desperdício com aquecimento ou até mesmo com refrigeração, na maioria das vezes desnecessária.

Neste sentido, percebe-se a importância de avaliar o desempenho térmico dos dois modelos de cobertura, um com telha cerâmica e o outro com a telha de concreto, pois a busca por um método mais eficiente e sustentável é de extrema importância, visto que estes problemas causados pelos equipamentos podem ser evitados, quando se tem uma opção mais viável e natural.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual telha, de cerâmica ou de concreto, possui melhor desempenho em relação ao conforto térmico?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada na construção de dois protótipos localizados em Santa Helena – Paraná, destinados às medições de temperaturas.

Limita-se à pesquisa a medição das temperaturas internas do ambiente que podem causar desconforto aos usuários. Restringe-se à pesquisa a construção dos protótipos nas dimensões de 1,50x1,50x1,00m, medição das temperaturas através de sensores de temperatura e registro em Data Loggers no período do dia 22 de julho de 2016, às 09:00 horas, até o dia 19 de agosto de 2016, às 9:00 horas, fechando os 30 dias de medições, de hora em hora, e posterior identificação do modelo mais eficiente em relação ao conforto térmico.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Conforto térmico e sustentabilidade

Segundo Lamberts *et al.* (2010), avaliar o desempenho térmico de uma edificação significa avaliar a sua resposta física à influência do meio ambiente externo e do seu uso pelos ocupantes, confrontando os resultados com requisitos quantitativos e qualitativos pré-estabelecidos. A resposta da edificação às variáveis climáticas externas (ventilação, insolação, temperatura, umidade) e ao comportamento do usuário (manipulação das esquadrias, acionamento dos sistemas artificiais de iluminação e condicionamento) configura o seu comportamento térmico, expresso através da variação da temperatura e umidade nos ambientes internos. O comportamento térmico da edificação é influenciado, também, pelos ganhos de calor através das superfícies (teto, parede, piso, janelas) e gerado internamente (pessoas e equipamentos), bem como pelo número de renovações de ar propiciado pela ventilação.

As exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento de seu organismo, cujo mecanismo, complexo, pode ser, grosso modo, comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo sua atividade. O homem precisa liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha da ordem de 37°C — homeotermia (FROTA e SCHIFFER, 2003, p.15).

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

Com o processo de industrialização, passou-se a produzir materiais como cimento e aço, que além de não serem produtos sustentáveis, acabam agredindo o meio ambiente e a saúde da população. Atualmente o setor de construção civil tem tendenciado a utilizar materiais alternativos que não agredem ao meio ambiente, com uma produção sustentável, e que seja de baixo custo de produção, possibilitando boa qualidade e alta durabilidade da construção (TEIXEIRA, 1983).

De acordo com Pereira e Neto (1988, *apud* Lamberts *et al.*, 2010), avaliar o desempenho térmico de uma edificação significa avaliar seu comportamento térmico frente a requisitos pré-estabelecidos, para atender as necessidades térmicas do usuário frente às ações climáticas às quais a edificação está sujeita.

2.1.2 NBR 15220/2003 - Desempenho térmico de edificações

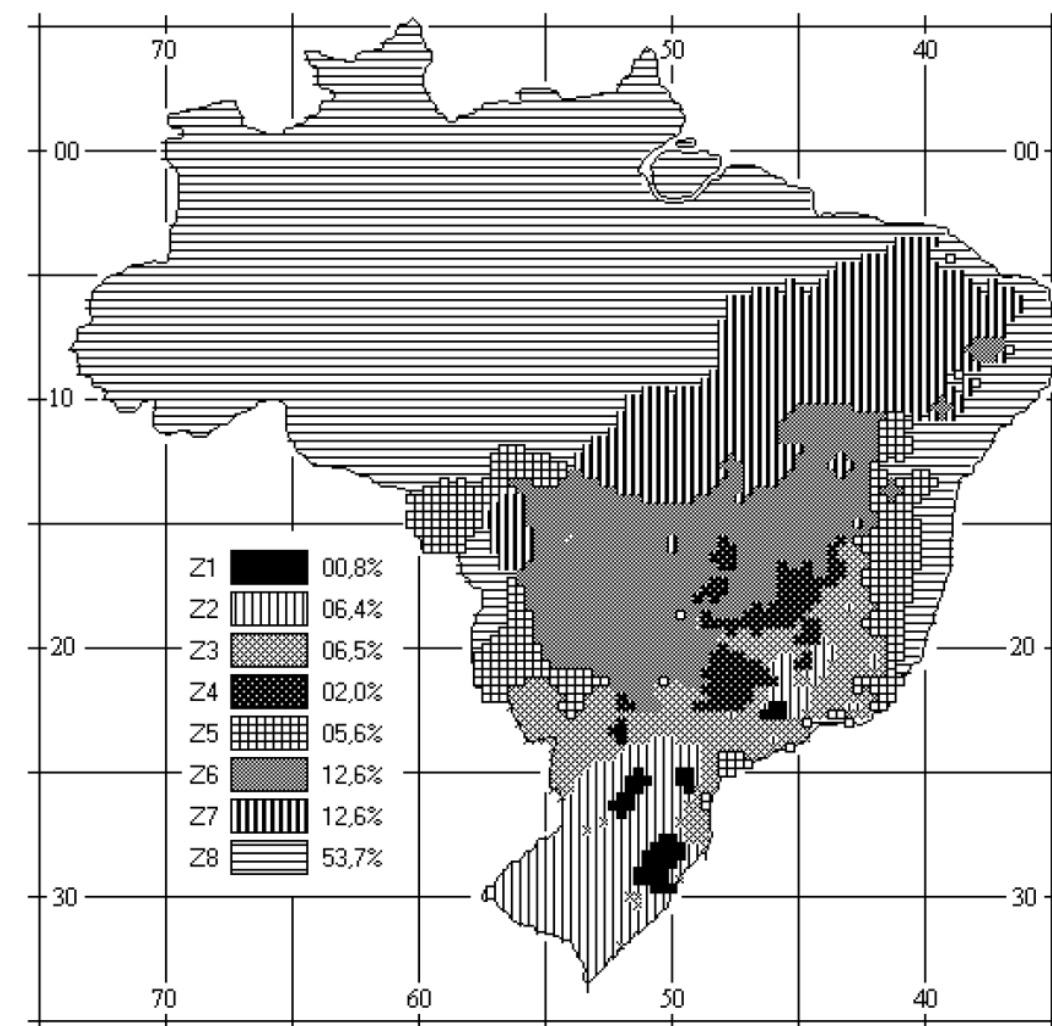
Conforme Corbella (2003), o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor permite prever qual será a resposta de um prédio às variações de clima externo e, em consequência, tomar decisões a respeito de quais materiais empregar em um determinado clima, para facilitar uma situação de conforto térmico aos seus habitantes.

A NBR 15220-3 (2003, p.2) estabelece que:

A avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção. Em relação à edificação construída, a avaliação pode ser feita através de medições in-loco de variáveis representativas do desempenho, enquanto que na fase de projeto esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

A NBR 15220-3 (2003), define que o zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas, conforme indica a Figura 1.

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3, (2003)

O território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas, objetivando otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática (NBR15220-3, 2003).

2.1.3 Importância dos fatores ambientais no conforto térmico

A ocupação dos edifícios por pessoas, máquinas e equipamentos e a exposição à radiação solar vão ocasionar, nos ambientes internos, temperaturas superiores as do ar externo. Esse acréscimo de temperatura, no caso de inverno nos climas quentes ou no caso geral de climas frios, pode ser um fator positivo, porém, na época de verão dos climas

temperados ou durante todo o ano em climas quentes certamente será um fator negativo, agravante das condições térmicas ambientais (FROTA e SCHIFFER, 2003).

2.1.3.1 Temperatura do ar

Segundo Humphreys (1979, *apud* Lamberts 2014, p.10) “a temperatura de conforto não é uma constante, e sim varia de acordo com a estação e temperatura a qual as pessoas estão acostumadas”.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), a temperatura do ar é a variável climática mais conhecida e de fácil medição. A variação da temperatura na superfície da Terra resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do Sol de local para local.

Assim, localidades onde esse valor da temperatura externa média já é superior ao limite do conforto humano, ou seja, 28°C, não é possível garantir, internamente às construções, temperaturas dentro da faixa de conforto apenas utilizando-se recursos naturais (FROTA e SCHIFFER, 2003).

2.1.3.2 Umidade

Segundo Frota e Schiffer (2003), a umidade atmosférica é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas.

Nos locais com alta umidade, a transmissão de radiação solar é reduzida porque o vapor de água e as nuvens a absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte de volta ao espaço. Em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites frias; já em locais úmidos, as temperaturas extremas tendem a ser atenuadas. A umidade do ar atua diretamente na capacidade da pele de evaporar o suor. Deve-se compreender que em altas umidades relativas temos mais dificuldades em evaporar o suor, aumentando a sensação de desconforto térmico (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004, p.81).

Quanto mais úmido estiver o ar, maior será a quantidade de água em suspensão. Essas partículas, além de se aquecerem pela radiação solar que recebem, também funcionam, de dia,

como uma barreira da radiação solar que atinge o solo e, à noite, ao calor dissipado pelo solo. Nesse sentido, um solo em clima mais seco recebe mais radiação solar direta que em clima mais úmido (FROTA e SCHIFFER, 2003).

2.1.3.3 Ventilação

Em nível de globo, o determinante principal das direções e características dos ventos é a distribuição sazonal das pressões atmosféricas. A variação das pressões atmosféricas pode ser explicada, entre outros fatores, pelo aquecimento e esfriamento das terras e mares, pelo gradiente de temperatura no globo e pelo movimento de rotação da Terra (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), em uma região climática pode haver variações significativas de direção e de velocidade do movimento do ar. Isto acontece principalmente pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar, o que provoca o seu deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e pesado) para a área de menor pressão (ar quente e leve).

2.1.4 Noções de clima

Conforme Lamberts, Dutra e Pereira (2004), as variáveis climáticas são quantificadas em estações meteorológicas e descrevem as características gerais de uma região em termos de sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitações. É fundamental o conhecimento destas variáveis para o projeto de edificações mais adequadas ao conforto do seu ocupante e mais eficientes em termos de consumo de energia.

2.1.4.1 Fatores climáticos

Os valores dessas variáveis se alteram para os distintos locais da Terra em função da influência de alguns fatores como circulação atmosférica, distribuição de terras e mares, relevo do solo, revestimento do solo, latitude e altitude (FROTA e SCHIFFER, 2003).

2.1.4.2 Radiação solar

A radiação solar é uma energia eletromagnética, de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera. A maior influência da radiação solar é na distribuição da temperatura do globo. As quantidades de radiação variam em função da época do ano e da latitude. Este fenômeno pode ser melhor elucidado se examinarmos o movimento aparente do Sol em relação a Terra (FROTA e SCHIFFER, 2003).

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta. Tanto como fonte de calor quanto como fonte de luz, o Sol é um elemento de extrema importância no estudo da eficiência energética na arquitetura. É possível tirar partido ou evitar a luz e o calor solar em uma edificação, e o critério mais sábio para definir o que fazer é ter como premissas básicas o conforto térmico e visual dos ocupantes e a economia de energia. Porém, o que normalmente se faz é adotar um dos enfoques (luz ou calor) como prioridade deixando o segundo para ser resolvido posteriormente com sistemas artificiais – consumidores em potencial de energia (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004, p. 72).

Segundo Corbella (2003), num clima tropical, a principal causa de desconforto térmico é o ganho de calor produzido pela absorção da energia solar que atinge as superfícies dos ambientes construídos.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2004), a radiação solar pode ser interceptada pelos elementos vegetais e topográficos do local. A vegetação é diferente de outras possíveis obstruções no bloqueio da radiação solar. As árvores com folhas caducas, por exemplo, podem sombrear a edificação no verão, enquanto que no inverno permitem a passagem do sol. Em locais arborizados, a vegetação pode interceptar entre 60% e 90% da radiação solar causando uma redução substancial da temperatura da superfície do solo. Isto acontece porque o vegetal absorve parte da radiação solar para seu metabolismo (fotossíntese). A parcela de calor emitida da árvore para o solo também é bem menor que a céu aberto. Além disso, o movimento do ar entre as folhas retira grande parte do calor absorvido do sol.

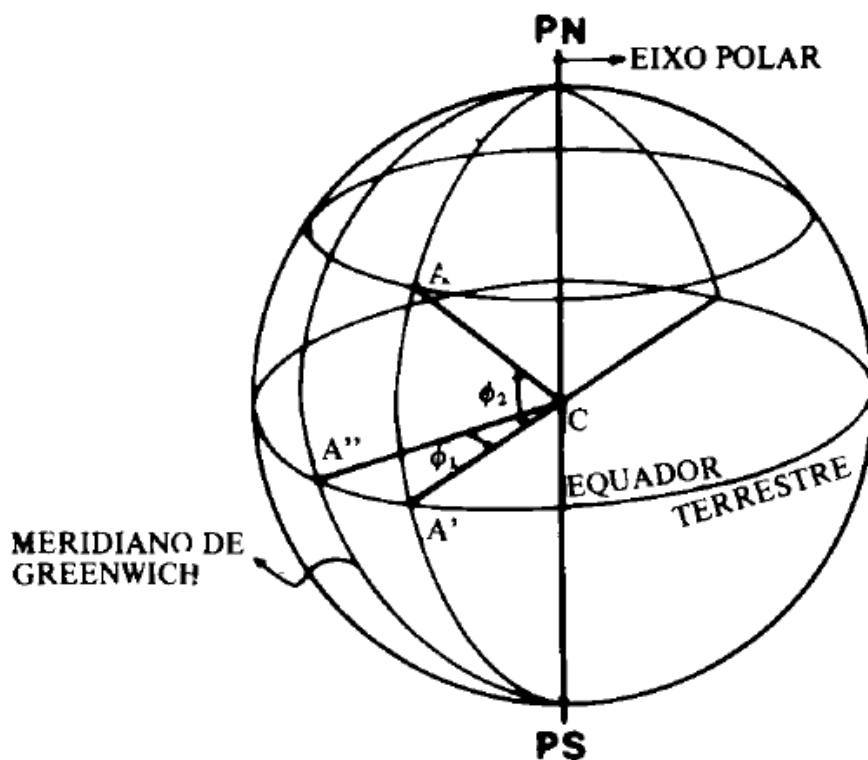
Segundo Frota e Schiffer (2003), o Sol, incidindo sobre os paramentos do edifício, vai representar, em maior ou menor escala, um ganho de calor. Esse ganho de calor será função da intensidade da radiação solar incidente e das características térmicas dos materiais desses paramentos.

2.1.4.3 Movimento aparente do Sol

Para um observador situado na Terra, o Sol, aparentemente, se movimenta ao longo dos dias ao redor da Terra, variando a inclinação dos raios em função da hora e da época do ano (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Segundo Frota e Schiffer (2003), a Terra, para efeitos práticos, é considerada como sendo uma esfera. A Figura 2 representa esta esfera de centro C, pelo qual passa um eixo imaginário denominado eixo polar, ao redor do qual a Terra gira. O ponto PN é definido como sendo o Pólo Norte e o ponto PS, o Pólo Sul. O círculo definido pela intersecção do plano que passa pelo centro C e é perpendicular ao eixo polar e à esfera terrestre é o Equador terrestre.

Figura 2 – A esfera terrestre e as coordenadas do ponto A.



Fonte: FROTA e SCHIFFER, (2003)

2.1.4.4 Longitude

Segundo Frota e Schiffer (2003), a posição de uma localidade A sobre a Terra pode ser especificada a partir de sua latitude e de sua longitude. A longitude é medida com relação ao Meridiano de Greenwich. Esse meridiano é, por definição, o semicírculo que passa pelos

pólos e pelo observatório de Greenwich, situado na Inglaterra. As longitudes são medidas de 0° a 180°, a leste ou a oeste do Meridiano de Greenwich.

2.1.4.5 Latitude

A latitude é medida a partir do Equador, imaginando-se que cada ponto da superfície da Terra esteja contido em um semicírculo paralelo ao Equador e distante deste segundo um ângulo definido pela altura do círculo, ou seja, pelo ângulo ϕ . Mede-se a latitude de 0° a 90° e se dirá que ela é Norte, se estiver acima da linha do Equador, e Sul, se estiver abaixo (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Conforme Frota e Schiffer (2003, p.56), “a latitude de uma região, associada à época do ano, vai determinar o ângulo de incidência dos raios de sol com relação ao plano do horizonte do lugar”.

2.1.5 Índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados como índices biofísicos, que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos, índices fisiológicos, que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar e índices subjetivos, que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Os índices de conforto térmico procuram englobar, num parâmetro, o efeito conjunto dessas variáveis. E, em geral, esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de cartas ou nomogramas, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos (FROTA e SCHIFFER, 2003, p.25).

A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais com a atividade desenvolvida pelo indivíduo, pela maior ou menor importância de um ou de outro aspecto do conforto. Há condições termo-higrométricas que podem, mesmo que apenas por algum tempo, ser consideradas como de conforto em termos de sensação e provocar distúrbios fisiológicos ao fim desse tempo. É o caso, por exemplo, de indivíduos expostos a condições de baixo teor de umidade e que, não percebendo que estão transpirando porque o suor é evaporado rapidamente, não tomam líquido em quantidade suficiente e se desidratam (FROTA e SCHIFFER, 2003).

2.1.6 Análise comparativa do ciclo de vida das telhas cerâmicas versus telhas de concreto

Conforme relatório preparado pela *Quantis* (2011), a Avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma abordagem reconhecida internacionalmente que avalia o potencial impacto no meio ambiente e na saúde humana, iniciando com a extração de matérias-primas, incluindo transporte, produção, uso, e terminando com o tratamento do fim da vida.

Os resultados principais obtidos por esta pesquisa em relação às telhas cerâmicas e as telhas de concreto foram:

- Os impactos ocasionados para 1m² de cobertura cerâmica sobre as Mudanças Climáticas (emissão de gases) são 69% menores do que os ocasionados pelo equivalente em telhas de concreto porque apesar de requerer 3 vezes mais energia, a fabricação de telhas cerâmicas utiliza fontes de energia renovável;
- 15-20% mais leves por m² de telhado;
- Faz menores distâncias de transporte, resultando em menores emissões de CO² na atmosfera;
- Diferenças de impacto nos quesitos: Saúde Humana e Impacto na Qualidade do Ecossistema não são significativos;
- Telhas de cerâmica têm impacto para Esgotamento de Recursos não Renováveis 57% menor que telhas de concreto, pois utilizam fontes renováveis de energia;
- Telhas de cerâmica retiram 72% menos água que telhas de concreto.

2.1.7 Modelos reduzidos

De acordo com Koltzsch e Walden (1990, *apud* Jentzch, 2002), a qualidade está diretamente relacionada com o nível de detalhamento e dos materiais empregados na confecção do modelo. Quanto mais exata for à reprodução dos detalhes geométricos e das propriedades termofísicas dos materiais do protótipo, maior será a semelhança de comportamento entre eles.

2.1.7.1 Telha cerâmica

Segundo o artigo publicado pelo site Portal Educação (2015), as primeiras telhas surgiram com os avanços no conhecimento de cozedura da argila, transformando-a em cerâmica. Há muito tempo descobriu-se que a argila possuía a propriedade de alterar facilmente sua estrutura, conforme o avanço de sua secagem. No final da Idade da Pedra, notou-se que este processo de endurecimento da argila poderia ser acelerado se ele fosse realizado em temperaturas mais altas. Assim, passaram a endurecer esse material em fornos por meio de cozedura, proporcionando um material ainda mais resistente, que poderia ser utilizado em muitas outras atividades, surgindo daí a cerâmica.

Conforme reportagem publicada pelo site da reformafácil (2013), as telhas de cerâmica, também conhecidas como telha de barro, são os modelos mais tradicionais e antigos utilizados na construção civil. Esse modelo de telha agrega um grupo de modelos e opções diversas, chegando a uma grande variedade. A telha de cerâmica tem boa relação custo-benefício e adéqua-se muito bem a diferentes climas.

Comparando-se os materiais disponíveis no mercado hoje temos que as cerâmicas vermelhas apresentam maior facilidade de manuseio com melhores acabamentos e possuem menor absorção de água, diminuindo infiltrações, além de oferecer conforto às residências, os produtos cerâmicos são a solução mais sustentável para construções.

Assim, segundo reportagem de Moura (2015), na Revista da Anicer, entre as vantagens da cerâmica, tem menos impacto nas mudanças climáticas; causam menor esgotamento de recursos não renováveis; e necessitam de 24% menos água que uma parede construída com blocos de concreto e 7% menos que a parede de concreto moldada *in loco*, de acordo com o estudo inédito, publicado pela Anicer e realizada pela empresa canadense

Quantis, sobre a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) dos Produtos Cerâmicos e o comparativo com seus equivalente em concreto.

2.1.7.2 Telha de concreto

Segundo Neto e Nascimento (2012), no sul da Alemanha em 1844, vinte anos após o registro de patente do cimento Portland, surgem as primeiras telhas de concreto produzidas pela máquina artesanal de prensagem manual do alemão Adolf Kroher. Após fazer várias combinações entre proporções de cimento e areia com granulometrias diferentes, chegou-se a uma telha resistente. Assim, em 1976 começaram a serem fabricadas as primeiras telhas de concreto no Brasil, sendo produzidas nos mais diversos formatos e cores. Apesar de ser um material novo comparado com os tradicionais da construção civil, a telha de concreto vem crescendo de forma acelerada no mercado brasileiro.

2.1.7.3 Dados climáticos da região do projeto

Segundo Frota e Schiffer (2003), as distinções entre os tipos de climas poderiam ser tão diversificadas quanto as combinações entre os vários elementos climáticos.

Para efeito da arquitetura, os dados climáticos mais significativos são os relativos às variações, diárias e anuais, da temperatura do ar e os índices médios de umidade relativa e precipitações atmosféricas e, quando disponível, a quantidade de radiação solar (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Figura 3 – Mapa de clima do Brasil.



Fonte: IBGE, (2002)

Através do mapa de clima do Brasil, Figura 3, percebemos que a cidade de Santa Helena – PR encontra-se na região de clima temperado e segundo Frota e Schiffer (2003), em climas temperados, as decisões sobre a escolha do partido arquitetônico devem ser ponderadas a partir do grau de umidade relativa do ar, da variação da temperatura anual e diária e da quantidade de radiação recebida, notadamente nas duas estações do ano mais importantes: o inverno e o verão, bem como os índices relativos à pluviosidade. Alguns cuidados nos percursos de pedestres podem evitar excesso de radiação direta ou corrente de ventos frios.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Esta pesquisa envolve a comparação do desempenho em relação ao conforto térmico em dois protótipos de casas, um com a telha cerâmica e o outro com a telha de concreto, ambos localizados na cidade de Santa Helena – PR, levando em consideração os quesitos mínimos conforme a NBR 15220 (2003).

Trata-se de uma pesquisa do tipo qualitativa, pois foram analisados os dados obtidos através das temperaturas, comparando qual é mais eficiente. A coleta de dados busca sugerir possíveis alternativas de uso sustentável de materiais na construção civil que possibilitam a economia de energia e até mesmo de matéria-prima.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo de caso desta pesquisa foi realizado em protótipos de casas, que foram construídos na Estrada Principal, S/N, cidade de Santa Helena, Região Oeste do Estado do Paraná, no bairro Santa Helena Velha.

Para a realização desta pesquisa os protótipos foram construídos nas dimensões de 1,50x1,50x1,00m de parede, com três metros e meio de distância um do outro conforme as Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Definição do local dos protótipos.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 5 – Local dos protótipos.



Fonte: AUTOR, (2016)

Os mesmos foram construídos de tijolos cerâmicos, tamanho 9x14x24cm, seguindo a NBR 8545 (1984), que fixa as condições exigíveis para execução e fiscalização de alvenaria sem função estrutural de componentes cerâmicos. As Figuras 6 e 7 mostram parte da execução da alvenaria.

Figura 6 - Execução da alvenaria.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 7 - Execução da alvenaria.



Fonte: AUTOR, (2016)

Para a execução do revestimento de parede foi considerada apenas uma camada de reboco na espessura de 1 cm por toda a parede e a mesma foi executada apenas ao lado externo dos protótipos como mostram as Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Execução do revestimento de parede.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 9 - Revestimento de parede finalizado.



Fonte: AUTOR, (2016)

Para a execução da cobertura com a telha cerâmica, foi escolhido o modelo da telha Francesa. Levando em consideração a NBR 8039 (1983), os telhados devem ser executados com declividade compreendida entre 32% e 40%, assim, considerou-se a declividade de 35% como indicam as Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10 - Execução da cobertura em Telha Francesa.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 11 - Execução da cobertura em Telha Francesa.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 12 - Execução da cobertura em Telha Francesa.



Fonte: AUTOR, (2016)

Já para a execução da cobertura com a telha de concreto, foi escolhido o modelo da telha tipo Coppo Veneto. As condições para execução desta cobertura seguem as orientações da NBR 13858-1 (1997), indicando que com a telha tipo Coppo Veneto, pode-se definir a mesma declividade que a telha de cerâmica, sendo de 35% conforme a Figura 13.

Figura 13 - Execução da cobertura em Telha Coppo Veneto.



Fonte: AUTOR, (2016)

Assim que executada a cobertura, foram realizados os preenchimentos entre a alvenaria e o telhado, para que não houvesse a passagem de ar, podendo alterar os resultados das medições térmicas. As Figuras 14 e 15 mostram os preenchimentos.

Figura 14 - Preenchimento no protótipo de telha de cerâmica.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 15 - Preenchimento no protótipo de telha de concreto.



Fonte: AUTOR, (2016)

As águas do telhado seguem as orientações Leste – Oeste, sendo que ao lado Sul os protótipos dispõem de um acesso (Figura 16) para a manutenção dos termopares, caso necessário.

Figura 16 - Protótipos finalizados.

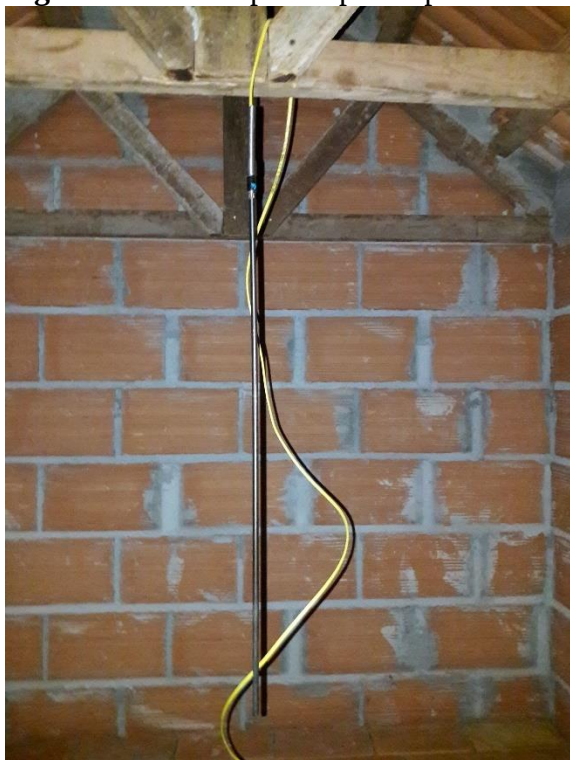


Fonte: AUTOR, (2016)

3.1.3 Coleta de dados

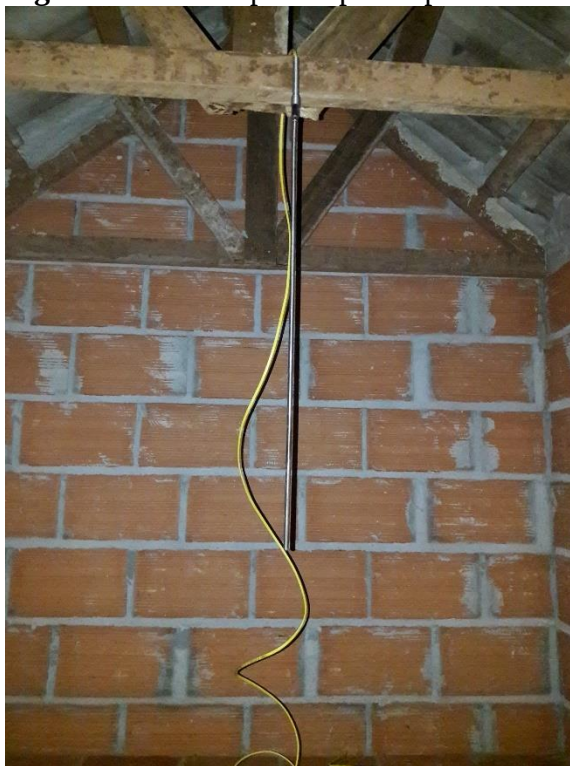
Para a realização da coleta dos dados foi instalado um termopar no interior de cada protótipo, Figuras 17 e 18, para obtenção das temperaturas internas e outro entre os dois protótipos, Figura 19, para realizar a leitura da temperatura externa.

Figura 17 - Termopar no protótipo de telha de cerâmica.



Fonte: AUTOR, (2016)

Figura 18 - Termopar no protótipo de telha de concreto.



Fonte: AUTOR, (2016)

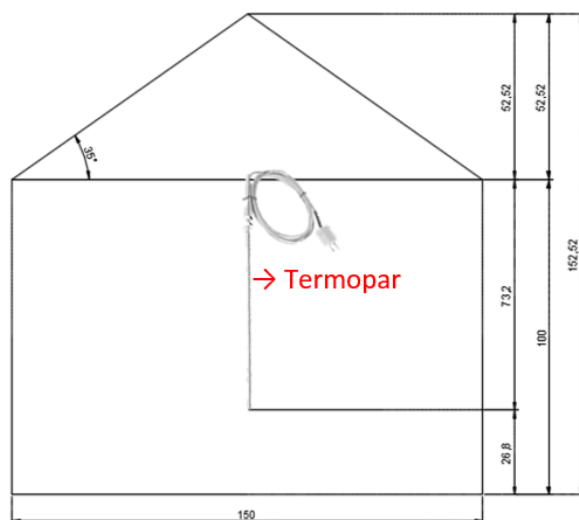
Figura 19 - Termopar externo.



Fonte: AUTOR, (2016)

A Figura 20, demonstra o croqui de implantação dos termopares no lado interno dos protótipos, sendo instalados na altura das paredes com 1,0m, ficando a 26,8 cm do piso e no centro dos protótipos.

Figura 20 - Croqui de implantação dos termopares nos protótipos.



ESCALA 1:100

Fonte: AUTOR, (2016)

Os Termopares foram conectados ao Data Logger, Figura 21, que registrou a temperatura presente em cada equipamento de hora em hora durante o período de um mês.

Figura 21 - Datalogger.



Fonte: AUTOR, (2016)

3.1.4 Análise dos dados

Após a realização das medições das temperaturas, foi gerado o gráfico através do programa Data Logger, onde foram comparadas as medições internas aos protótipos e a temperatura externa, possibilitando estabelecer os parâmetros de análise térmica entre os dois materiais.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

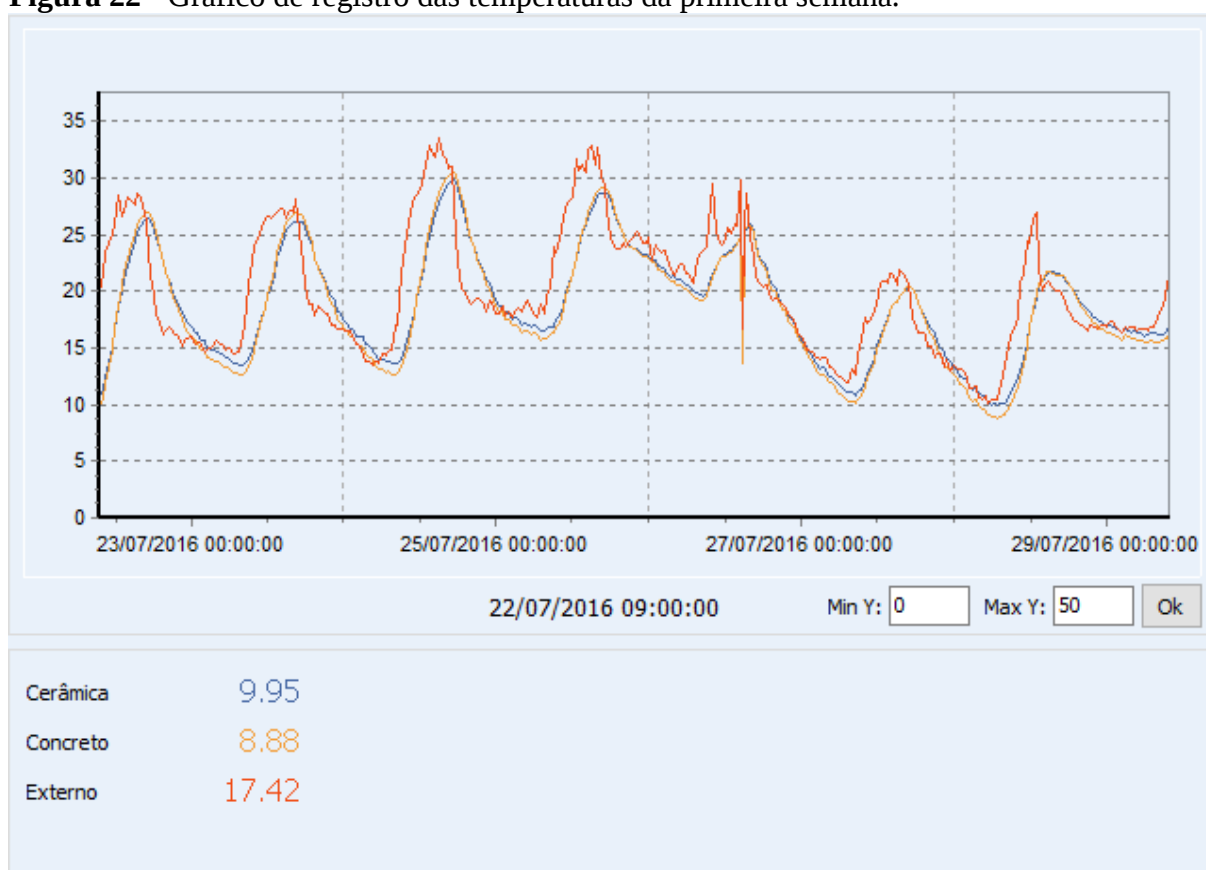
4.1.1 Temperatura interna x Temperatura externa

Inicialmente, foram verificadas variações de temperatura em relação à parte interna dos protótipos e a temperatura ambiente, sendo representadas pela linha vermelha, as medições externas, linha azul, as medições no protótipo de telha cerâmica e pela linha amarela, as medições do protótipo de telha de concreto.

O período das medições ocorreu a partir do dia 22 de julho de 2016, às 09:00 horas, até o dia 19 de agosto de 2016, às 9:00 horas, fechando o período de 30 dias de medições.

Conforme a Figura 22 (Apêndice A), gráfico onde representa as medições da primeira semana, pode-se observar que a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 24 de julho, às 15:00 horas, com 33,46 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de concreto neste momento se manteve em 28,67 °C e a de cerâmica em 27,86 °C. Já a temperatura mais baixa, foi registrada no dia 28 de julho, às 06:30 horas, com 10,37 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de concreto neste momento se manteve em 8,95 °C e a de cerâmica em 10,05 °C. A queda de temperatura ocorrida no dia 27 (Figura 22) aconteceu devido à interrupção do fornecimento de energia.

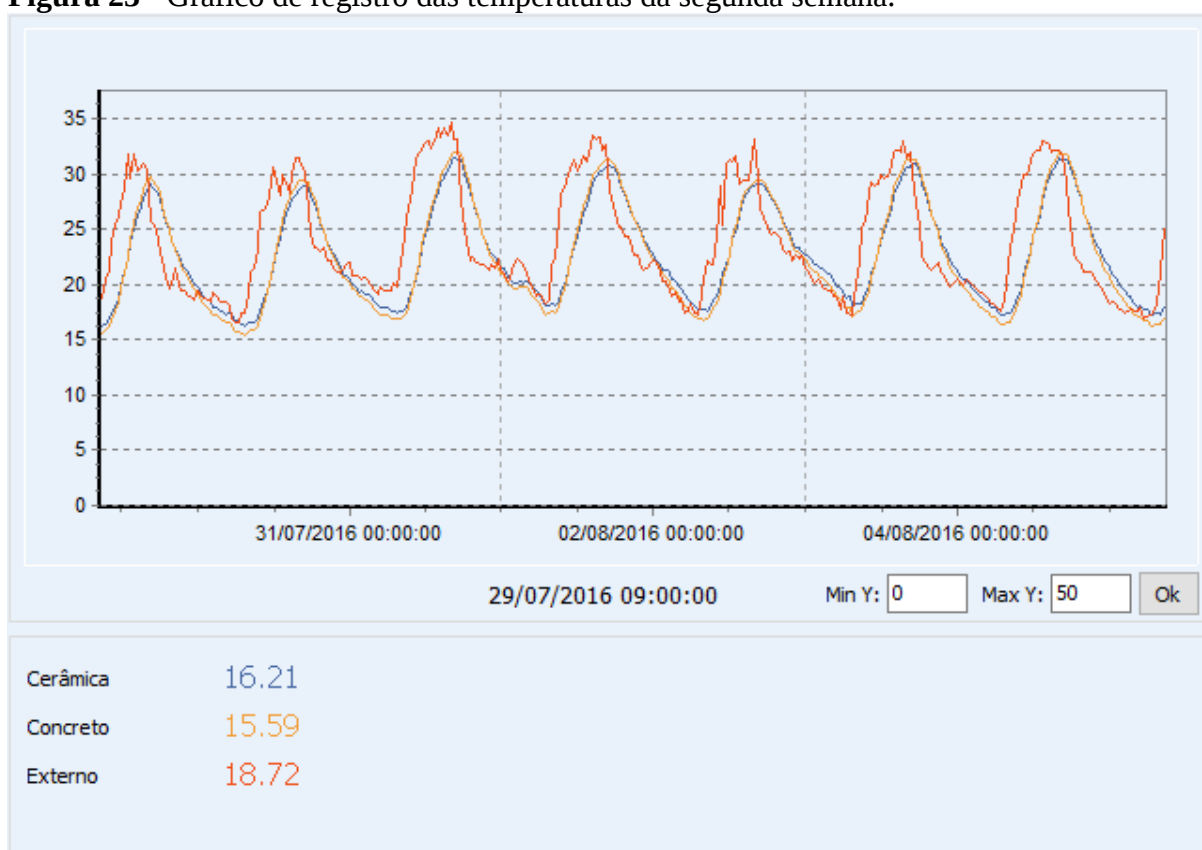
Figura 22 - Gráfico de registro das temperaturas da primeira semana.



Fonte: AUTOR, (2016)

Segundo o gráfico da Figura 23 (Apêndice B), observa-se que a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 31 de julho, às 15:30 horas, com 33,56 °C sendo que a temperatura do protótipo de telha de concreto neste momento se manteve em 31,01 °C e a de cerâmica em 30,33 °C. Já para a temperatura mais baixa, registrada no dia 30 de julho, às 07:00 horas, foi de 17,38 °C, sendo que a temperatura do protótipo de telha de concreto, neste momento, se manteve em 15,51 °C e a de cerâmica em 16,41 °C.

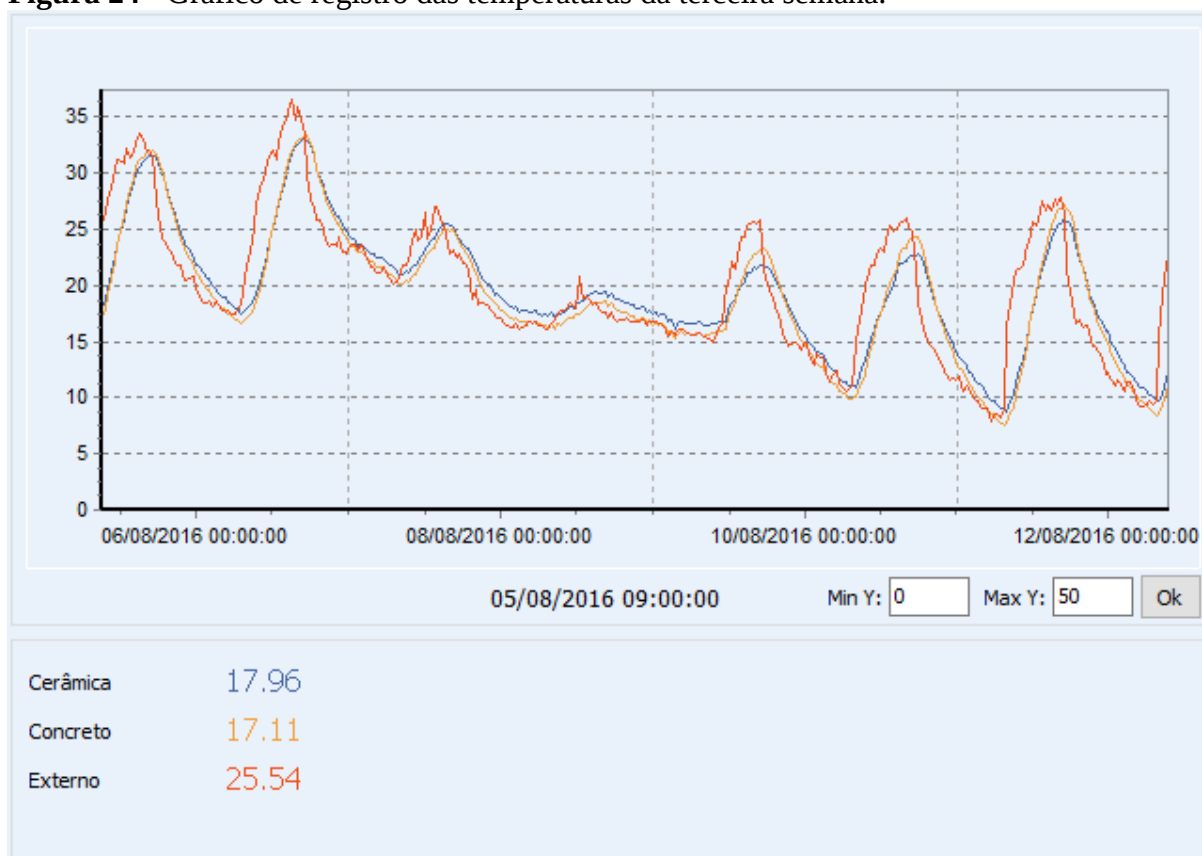
Figura 23 - Gráfico de registro das temperaturas da segunda semana.



Fonte: AUTOR, (2016)

No gráfico da Figura 24 (Apêndice C), observa-se que a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 06 de agosto, às 15:00 horas, com 36,56 °C. Neste dia, a temperatura do protótipo de telha de concreto se manteve em 31,96 °C e a de cerâmica, em 31,60 °C. Já para a temperatura mais baixa, ficou registrado o dia 11 de agosto, às 07:00 horas, com 8,21 °C sendo a temperatura do protótipo de telha de concreto em 7,65 °C e a de cerâmica em 8,98 °C.

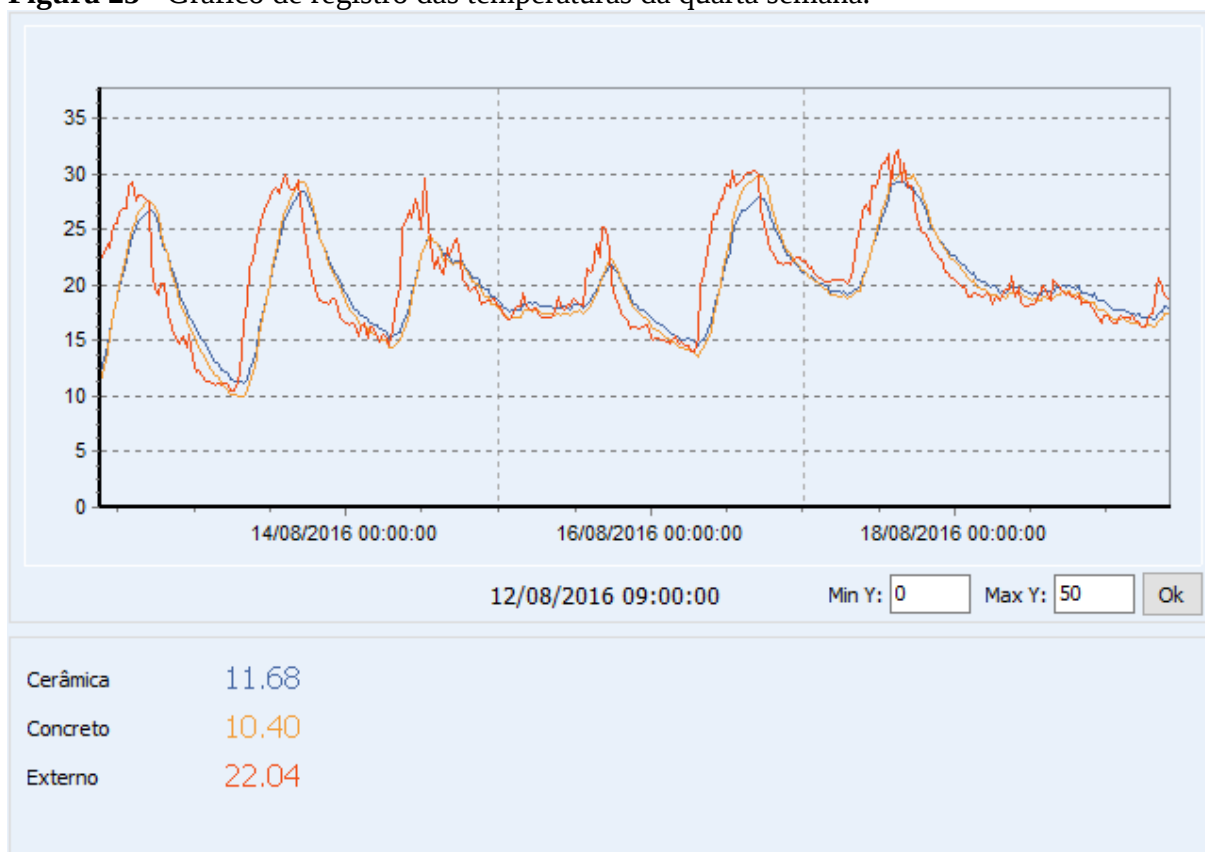
Figura 24 - Gráfico de registro das temperaturas da terceira semana.



Fonte: AUTOR, (2016)

O gráfico da Figura 25 (Apêndice D), representa que a temperatura externa mais elevada ocorreu no dia 17 de agosto, às 15:00 horas, com 32,18 °C e a temperatura do protótipo de telha de concreto, naquele momento, se manteve em 29,73 °C e a de cerâmica em 29,32 °C. Já para a temperatura mais baixa, ficou registrado o dia 13 de agosto, às 06:00 horas, com 10,54 °C com a temperatura do protótipo de telha de concreto marcando 10,14 °C e a de cerâmica 11,44 °C.

Figura 25 - Gráfico de registro das temperaturas da quarta semana.

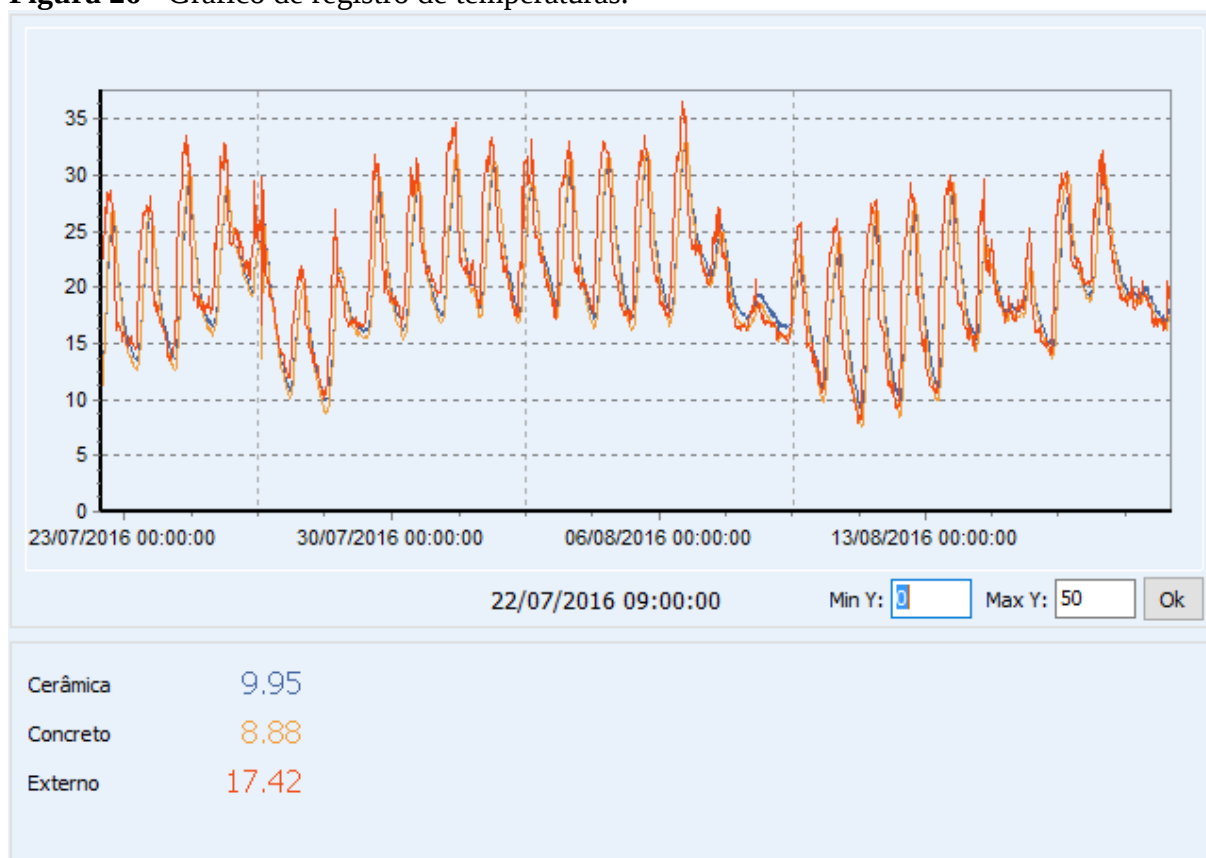


Fonte: AUTOR, (2016)

4.1.2. Comparativo temperaturas

Segundo o gráfico geral da Figura 26 (Apêndice E) pode-se verificar que no momento em que as temperaturas externas se encontravam com valores elevados as temperaturas nos protótipos se mantiveram mais baixas. Já para as temperaturas ambiente inferiores, os protótipos se mantiverem com temperatura mais inferior ainda, exceto pelo dia 13 de agosto, às 06:00 horas, na qual o protótipo de cerâmica se manteve com temperatura mais elevada que a ambiente.

Figura 26 - Gráfico de registro de temperaturas.



Fonte: AUTOR, (2016)

Observa-se ainda que, a temperatura externa mais elevada durante o período de medição ocorreu no dia 06 de agosto, às 15:00 horas, com 36,56 °C. A temperatura do protótipo de telha de concreto, neste momento e dia, manteve-se em 31,96 °C e a de cerâmica em 31,60 °C. Já a temperatura mais baixa no período avaliado, foi registrada no dia 11 de agosto, às 07:00 horas, com 8,21 °C, sendo a temperatura do protótipo de telha de concreto, neste momento, marcada em 7,65 °C e a de cerâmica em 8,98 °C, ou seja, os maiores picos ocorreram na terceira semana.

4.1.3 Relação telha cerâmica x telha de concreto

Na Tabela 1 é fornecido os dados de densidade térmica (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) para os dois modelos de telhas, cerâmica e concreto, segundo a NBR 15220-3 (2003). Observa-se que, os dados da densidade térmica (ρ) para o modelo da telha cerâmica, é inferior ao valor da telha de concreto, consequentemente, o valor da

condutividade térmica (λ) para o modelo da telha cerâmica também é inferior ao que se refere à telha de concreto. Sendo assim, temos que, quanto maior a condutibilidade térmica de um material maior será a probabilidade do mesmo conduzir calor.

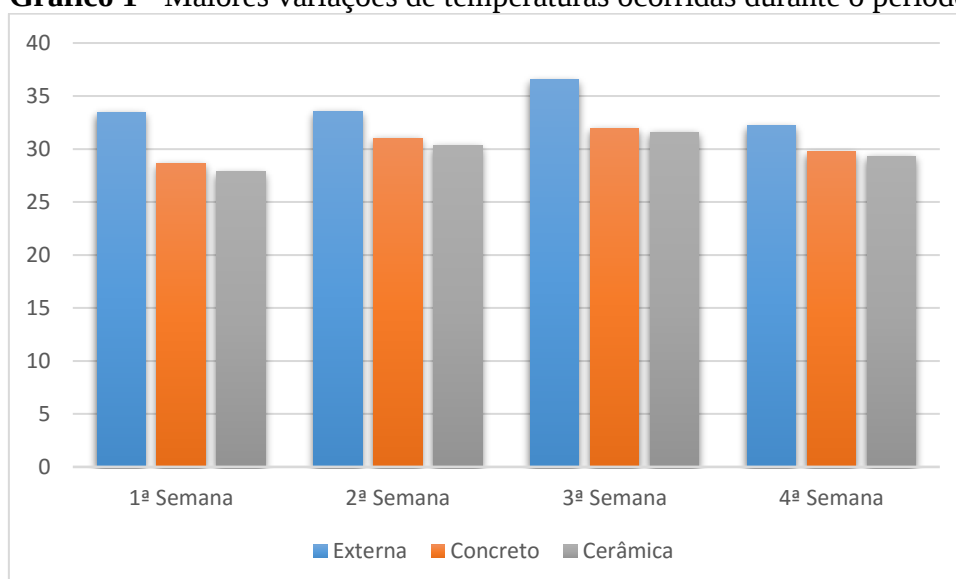
Tabela 1 – Propriedades térmicas dos modelos de telhas.

	Densidade	Condutividade	Calor específico
Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	2000	1,05	0,92
Concreto	2200	1,75	1,00

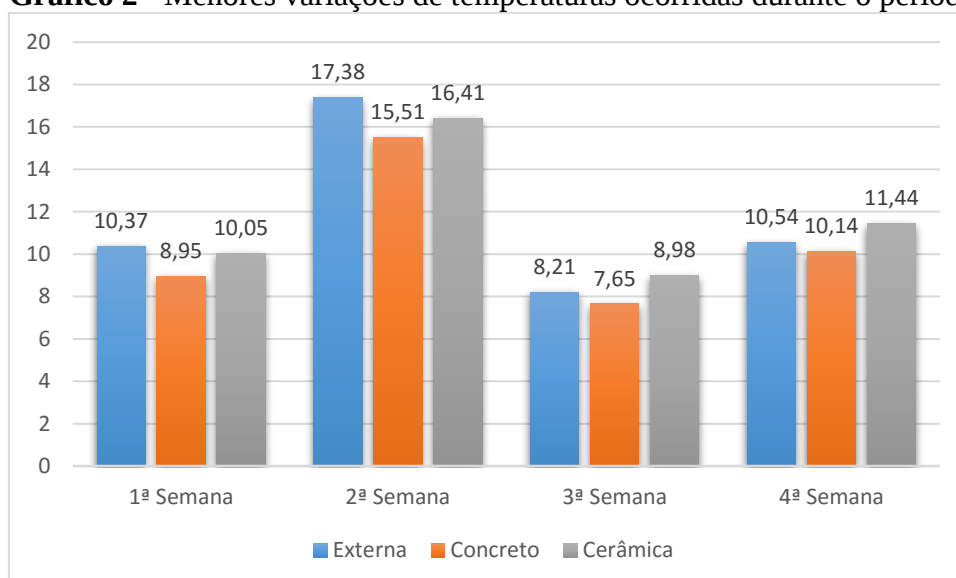
Fonte: NBR 15220-3, (2003)

Sendo assim, pode-se afirmar que, pelos resultados obtidos nas medições de temperatura, o protótipo de telha de cerâmica possui melhor desempenho ao conservar a temperatura no seu interior por transferir uma menor quantidade de calor, possuindo, portanto, a condutibilidade térmica menor que a telha de concreto. Conclui-se, portanto, que os dois modelos de telhas se apresentam em relação aos valores de densidade e condutividade térmica da NBR 15220-3 (2003).

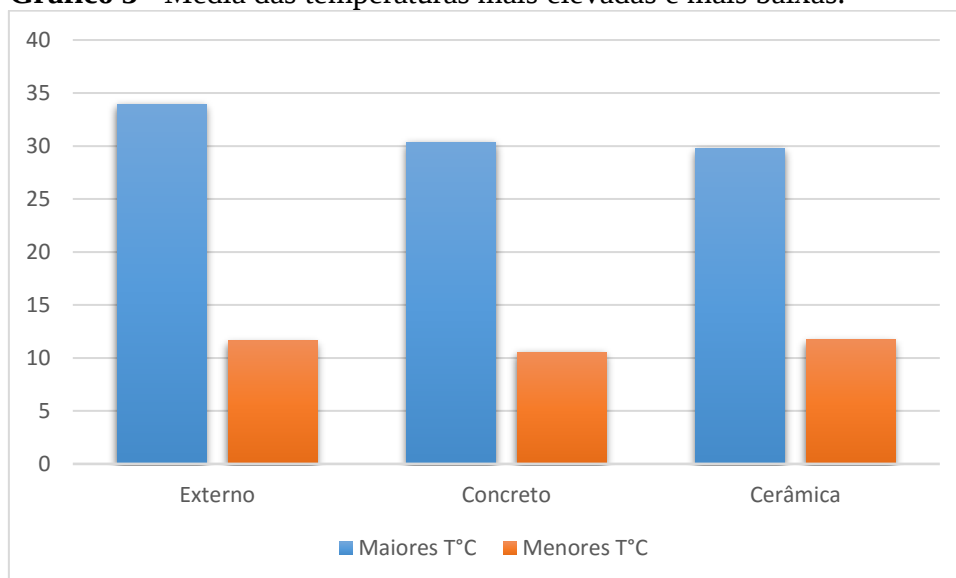
Os Gráficos 1 e 2, demonstram as variações de temperaturas ocorridas durante as semanas das medições e o Gráfico 3 demonstra a média dessas temperaturas. Através da análise dos gráficos observa-se que quando a temperatura ambiente se encontrava elevada, ou seja, nos dias mais quentes, o protótipo com a telha de cerâmica se manteve com a temperatura mais baixa que o de telha de concreto e a temperatura externa, assim como os dias mais amenos e frios, ela se manteve com a temperatura mais elevada que o protótipo de telha de concreto e a externa.

Gráfico 1 - Maiores variações de temperaturas ocorridas durante o período das medições.

Fonte: AUTOR, (2016)

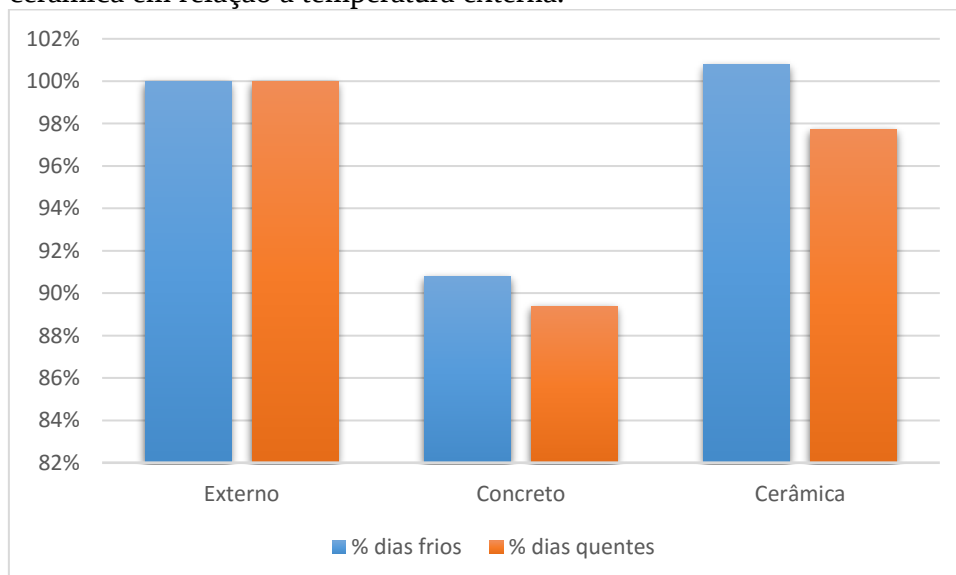
Gráfico 2 - Menores variações de temperaturas ocorridas durante o período das medições.

Fonte: AUTOR, (2016)

Gráfico 3 - Média das temperaturas mais elevadas e mais baixas.

Fonte: AUTOR, (2016)

Em porcentagem, levando em consideração a temperatura externa, obtém-se que a telha de cerâmica, em dias quentes é 9% mais eficiente que telha de concreto e em dias frios chega a ser 10% mais eficiente que a mesma como mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4 - Porcentagem das temperaturas nos protótipos de telha de concreto e de telha cerâmica em relação a temperatura externa.

Fonte: AUTOR, (2016)

Conforme a Tabela 1 da NBR 15220-3 (2003), a telha de cerâmica possui a densidade térmica (ρ) 10% menor que telha de concreto e nos resultados obtidos tem-se que a telha cerâmica possui a média de 10% mais eficiente que a mesma, ou seja, os resultados obtidos

nesta pesquisa se correlacionam com a norma em relação aos dois materiais utilizados como sistema de cobertura.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos inicialmente propostos para a presente pesquisa foram atingidos, consistindo em analisar o desempenho térmico para os dois modelos de cobertura e verificar qual dos dois modelos, cobertura com telha de cerâmica e telha de concreto, teve maior desempenho em relação ao ganho de calor. Assim, ao concluir esta pesquisa foi possível verificar que a telha cerâmica é mais eficiente que a telha de concreto em relação ao conforto térmico, e isso se dá devido a condutibilidade térmica dos materiais serem diferentes (NBR 15220-3, 2003).

Verificou-se durante o período das medições que, em dias mais quentes o protótipo de telha de cerâmica se manteve com a temperatura mais baixa que a telha de concreto, assim como, em dias mais frios o protótipo de cerâmica se manteve com a temperatura mais elevada que o de concreto. Sendo assim, o protótipo coberto com telha cerâmica teve o melhor desempenho em relação a não condução de calor.

Em relação a sustentabilidade pode-se observar que, quanto menor a condutibilidade térmica do material utilizado para a execução de coberturas, melhor será seu desempenho em relação ao conforto térmico das edificações. Assim, conforme a execução deste trabalho pode-se concluir que a telha cerâmica é mais recomendada para a execução de coberturas, proporcionando ambientes mais agradáveis para as pessoas, com uma menor variação de temperatura.

Para a área da Engenharia Civil, assim como, para conhecimento profissional, a elaboração desse trabalho foi de suma importância devido à grande procura atualmente por materiais que sejam sustentáveis na construção civil, além de proporcionar a diminuição do uso de aparelhos que auxiliam no resfriamento ou aquecimento de ambientes, evitando possíveis doenças e o excessivo consumo de energia.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Buscando a continuidade da pesquisa, sugere-se:

1. Realizar o mesmo projeto para diferentes tipos de coberturas.
2. Avaliar o conforto térmico para o bloco cerâmico e o bloco de concreto.
3. Avaliar o conforto acústico utilizando diferentes sistemas de cobertura e vedação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. A. **Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões para frangos de corte, utilizando diferentes tipos de coberturas**. 2011. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Goiás.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Análise Comparativa do Ciclo de Vida das Telhas Cerâmicas versus Telhas de Concreto**. Disponível em: <<http://anicer.com.br/acv/ACV%20Telhas%20Cer%C3%A2micas.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2016.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta GA, 2010.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO CERÂMICO. **Conclusão dos comparativos**. Disponível em: <<http://anicer.com.br/acv/conclusoes.html>>. Acesso em: 11 mai. 2016.

CORBELLA, O. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

DUARTE, F. **Sustentabilidade na cerâmica vermelha**. NovaCer. Criciúma, n. 50, p.16, jun. 2014.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de clima do Brasil**. Disponível em: <<file:///C:/Users/FI%C3%A1via/Desktop/clima.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

JENTZSCH, R. **Estudos de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. 2002. Tese (Pós Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2.ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

MOURA, A. **As vantagens da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. REVISTA DA ANICER. Rio de Janeiro, n. 93, p.18, abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8039**. Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa – Procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 8545**. Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 13858-1**. Telhas de concreto - Parte 1: Projeto e execução de telhados. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 15220**. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

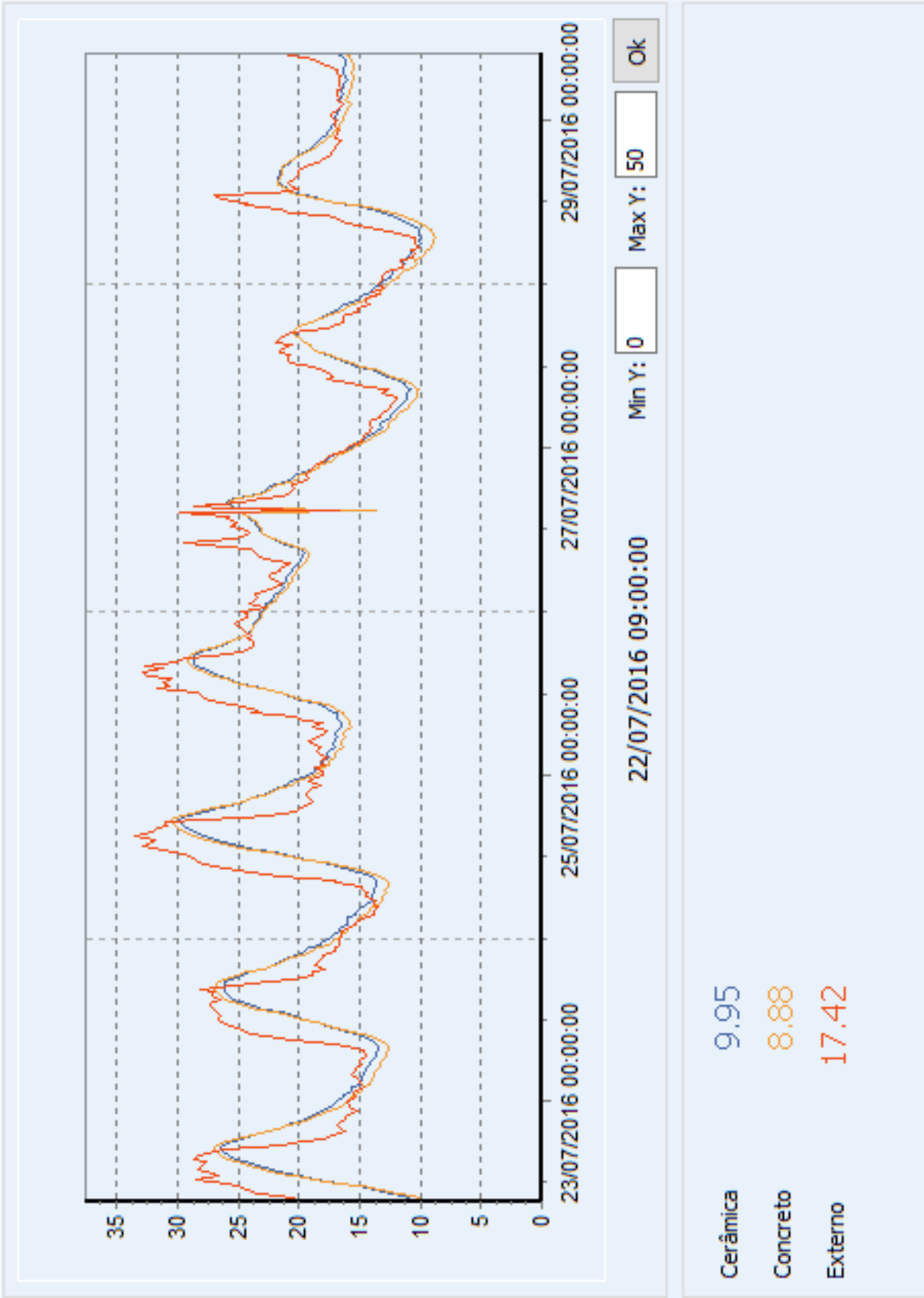
NETO, G. B. S.; NASCIMENTO, L. S. **Análise das características da telha de concreto e sua participação no mercado da construção civil**. 2012. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Construção de Edifícios) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Origem da telha**. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/engenharia/artigos/60348/origem-da-telha>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

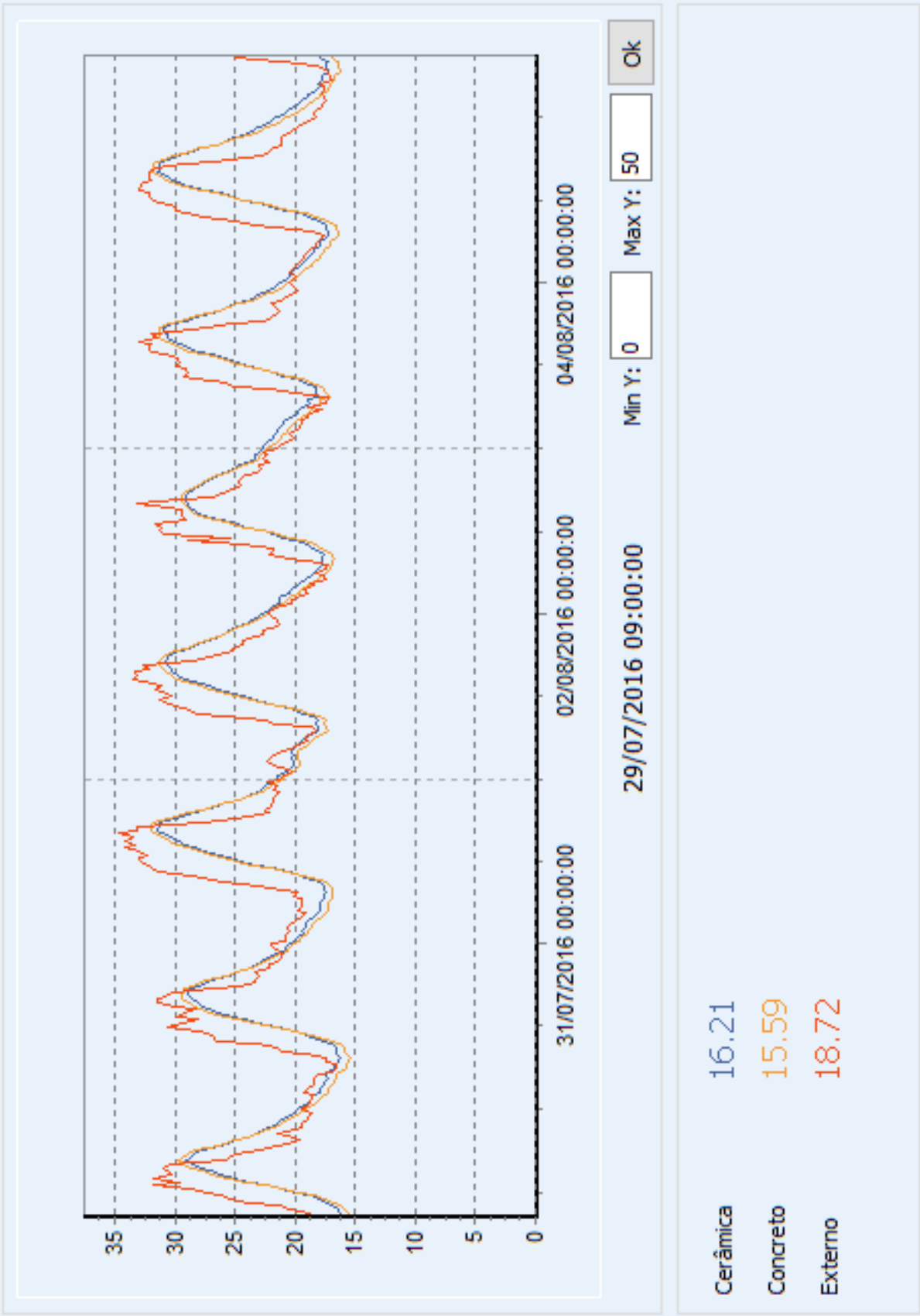
REFORMAFÁCIL. **Telhas de cerâmica: vantagens e desvantagens**. Disponível em: <<http://reformafacil.com.br/produtos/coberturas-e-telhados/telhas-de-ceramica-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

TSAI, A. L. T. **A inovação e a importância das construções sustentáveis**. 2013. BISUS – Boletim de inovação e sustentabilidade (Trabalho da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuariais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

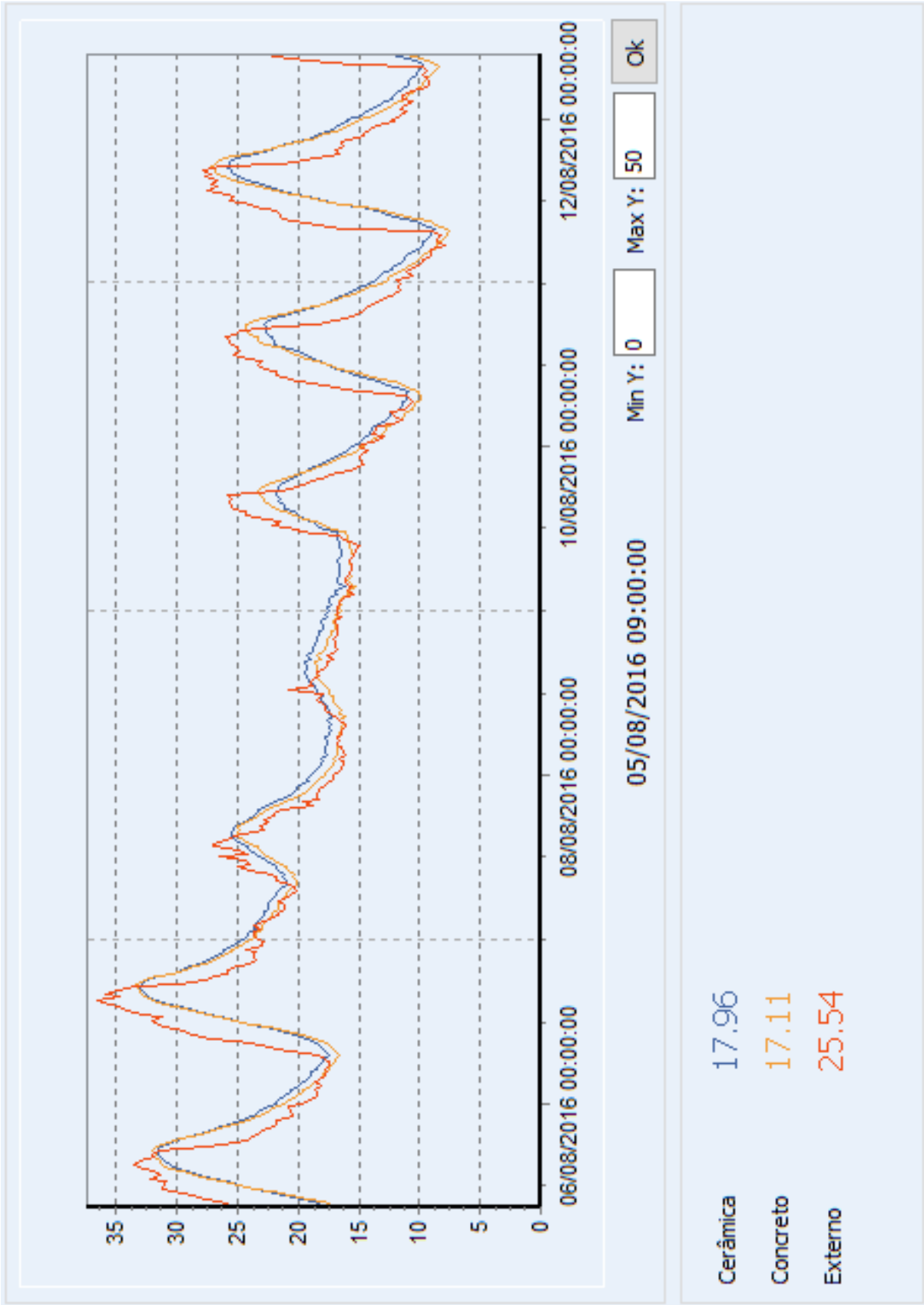
(APÊNDICE A – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA PRIMEIRA SEMANA)



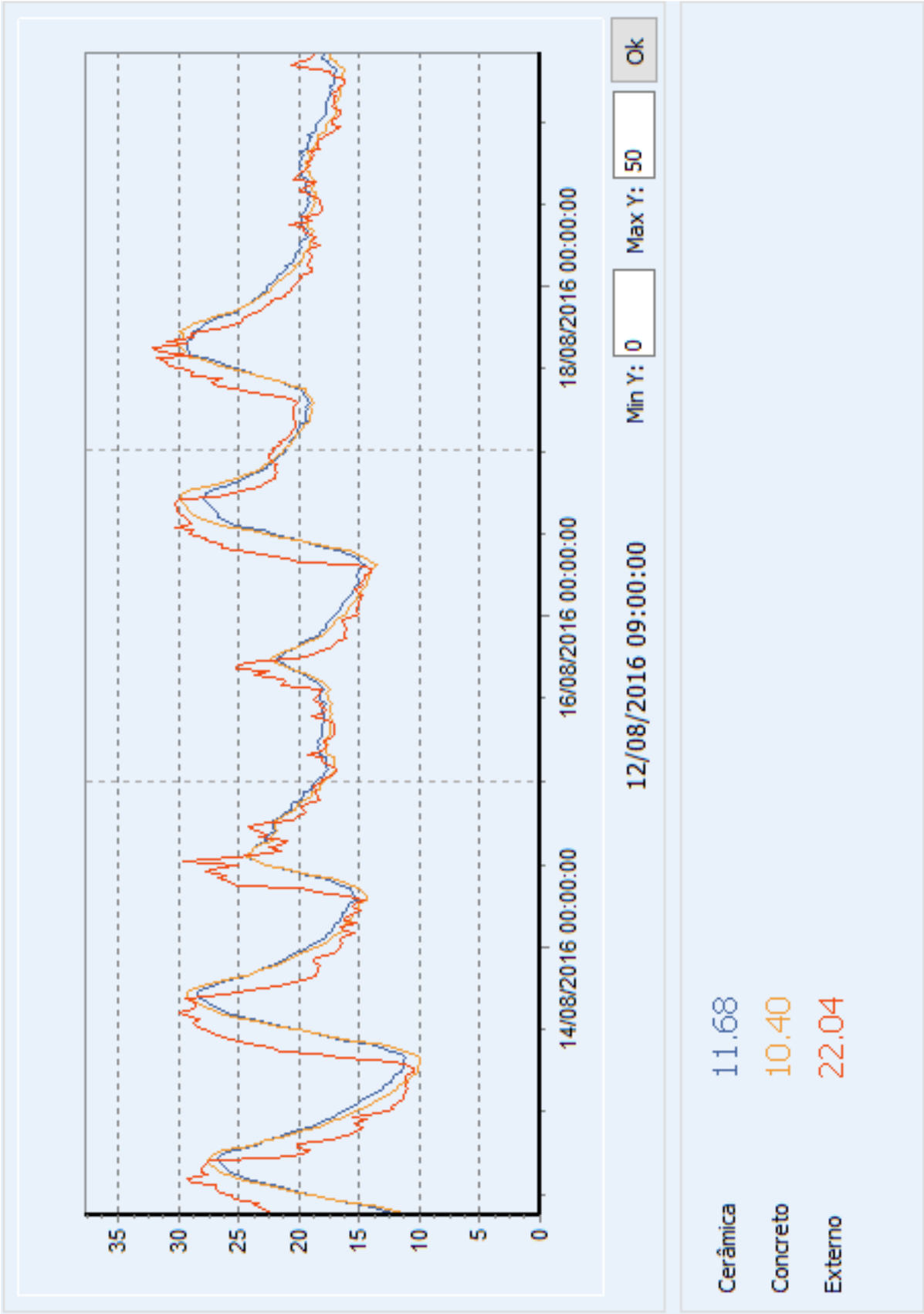
(APÊNDICE B – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA SEGUNDA SEMANA)



(APÊNDICE C – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA TERCEIRA SEMANA)



(APÊNDICE D – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS DA QUARTA SEMANA)



(APÊNDICE E – GRÁFICO DE REGISTRO DE TEMPERATURAS)

