

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARIANE RODRIGUES COSTA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A TELHA CERÂMICA PAULISTA E A TELHA  
DE CONCRETO CLÁSSICA**

**FORMIGA-MG**

**2017**

MARIANE RODRIGUES COSTA

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A TELHA CERÂMICA PAULISTA E A TELHA DE  
CONCRETO CLÁSSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Esp. Laurêmia Soares da Silva.

FORMIGA-MG

2017

C837 Costa, Mariane Rodrigues.  
Estudo comparativo entre a telha cerâmica paulista e a telha de concreto clássica / Mariane Rodrigues Costa. – 2017.  
71 f.

Orientadora: Laurêmia Soares da Silva.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-  
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Telha cerâmica paulista. 2. Telha de concreto clássica. 3. Coberturas.  
I. Título.

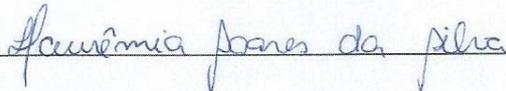
CDD 721.5

MARIANE RODRIGUES COSTA

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A TELHA CERÂMICA PAULISTA E A TELHA DE  
CONCRETO CLÁSSICA

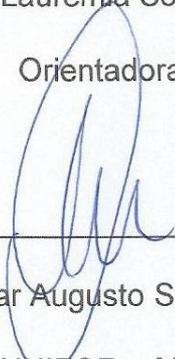
Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia Civil do  
Unifor-MG, como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



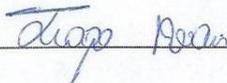
Prof.<sup>a</sup> Esp. Laurêmia Soares da Silva

Orientadora



Prof. M.e Cezar Augusto Silvino Figueiredo

UNIFOR – MG



Prof. D.r Tiago de Moraes Faria Novais

UNIFOR - MG

Formiga, 30 de outubro de 2017.

## RESUMO

As coberturas convencionais no Brasil, normalmente, são feitas com telhas cerâmica ou telhas de concreto. O objetivo desse trabalho foi realizar um estudo comparativo sobre a eficiência das telhas cerâmicas modelo Paulista e da telha de concreto modelo Clássica. Através de ensaios de determinação da impermeabilidade, absorção de água, carga de ruptura à flexão simples, rendimento médio, realizados, respectivamente, conforme a NBR 15310 (ABNT, 2009) e NBR 13858-2 (ABNT, 2009), pôde se obter dados para, assim, serem comparados. Também foi feito um estudo da viabilidade econômica de cada uma das telhas estudadas. Os resultados indicaram que a telha de concreto possui menor índice de absorção de água e sua carga de ruptura à flexão simples é quase duas vezes superior à da telha cerâmica. Portanto, as telhas de concreto acrescentam menos peso ao telhado quando molhadas devido absorverem menos água e são mais seguras, pois suportam maior carga de ruptura. Entretanto, apesar da telha de concreto apresentar um desempenho melhor, o custo por m<sup>2</sup> é maior do que o telhado com telha cerâmica Paulista.

**Palavras-chave:** Telha cerâmica paulista. Telha de concreto clássica. Coberturas.

## ABSTRACT

*The conventional roofs in Brazil are usually made with ceramic tiles or concrete tiles. The objective of this work was to carry out a comparative study on the efficiency of the ceramic tiles of the Paulista model and concrete tiles of the Clássica model. The tests were carried out in accordance with NBR 15310 (ABNT, 2009) and NBR 13858-2 (ABNT, 2009), in order to obtain data on the waterproofing tests, water absorption, rupture load the simple flexion and average yield, to be compared. A study of the economic viability of each of the tiles studied was also made. The results indicated that the concrete tile has a lower water absorption index and its rupture load the simple flexion is almost twice that of the ceramic tile. Therefore, concrete shingles add less weight to the roof when wet because they absorb less water and are safer as they withstand higher rupture load. However, although the concrete tile presents a better performance, the cost per m<sup>2</sup> is higher than the roof with Paulista ceramic tile.*

**Keywords:** *Paulista ceramic tile. Clássica concrete tile. Roofs.*

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCERAM - Associação Brasileira de Cerâmica

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANFATECCO – Associação Nacional de Fabricantes de Telhas Certificadas de Concreto

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

NBR – Norma Brasileira

AA – absorção da água

C – comprimento efetivo

Cu – comprimento útil

Gm – galga média

Hp – altura do pino

L – largura efetiva

Lp – posição do pino

## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

% - porcentagem

cm – centímetros

kg – quilograma

Kgf – Quilograma-força

m<sup>2</sup> - metro quadrado

mm – milímetro

Ms – massa seca

Mu – massa úmida

N – Newton

°C – graus Celsius

Rm – rendimento médio

T/m<sup>2</sup> - telhas por metro quadrado

Un – unidade

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Telha cerâmica tipo paulista – vistas inferior e superior da capa e do canal .....	20
Figura 2 – Cobertura com telha cerâmica paulista .....	20
Figura 3 - Telha modelo capote ou cumeeira .....	21
Figura 4 - Fluxograma do processo produtivo da telha cerâmica.....	22
Figura 5 – Extrusão dos bastões.....	25
Figura 6 – Secagem das telhas de forma artificial em estufas .....	26
Figura 7 – Forno Hoffman .....	27
Figura 8 – Forno Túnel.....	27
Figura 9 – Eflorescência em telhas cerâmicas .....	31
Figura 10 – Telha de concreto clássica.....	32
Figura 11 – Residência com telha de concreto clássica.....	33
Figura 12 – Telha terminal direito e telha terminal esquerda .....	34
Figura 13 – Telha cumeeira/espigão .....	34
Figura 14 – Telha espigão inicial .....	35
Figura 15 – Telha cumeeira 3 vias .....	35
Figura 16 - Telha cumeeira 4 vias .....	35
Figura 17 – Fluxograma do processo produtivo da telha de concreto.....	36
Figura 18 – Misturador e sensor de umidade.....	37
Figura 19 – Extrusora recebendo argamassa .....	38
Figura 20 – Corte na medida da forma.....	38
Figura 21 – Dispositivos da telha de concreto. ....	40
Figura 22 – Telha de concreto envelhecida .....	42
Figura 23 - Tipo de telhas utilizadas nos ensaios .....	44
Figura 24 - Mensurações da telha cerâmica paulista: a) comprimento efetivo, b) largura efetiva, c) posição do pino, d) altura do pino .....	46
Figura 25 - Mensurações da telha de concreto clássica: a) comprimento efetivo, b) largura efetiva .....	46
Figura 26 - Ensaio de sonoridade: a) telha cerâmica paulista canal, b) telha cerâmica paulista capa), c) telha de concreto clássica .....	47
Figura 27 – telha seca no momento de sua pesagem: a) telha cerâmica capa, b) telha cerâmica canal, c) telha de concreto .....	48

Figura 28 - Telhas imersas na água .....	49
Figura 29 - Telha molhada no momento da pesagem: a) telha cerâmica capa, b) telha cerâmica canal, c) telha de concreto .....	49
Figura 30 - Ensaio de impermeabilidade da telha cerâmica.....	51
Figura 31 - Ensaio de impermeabilidade da telha de concreto.....	51
Figura 32 – Sistema montado para romper a telha: a) cerâmica paulista, b) de concreto clássica .....	52
Figura 33 – Peso de academia sobre a telha de concreto .....	53
Figura 34 – Telha cerâmica: a) Mensuração da largura útil, b) Mensuração do comprimento útil .....	54
Figura 35 – Telha de concreto: a) Mensuração da largura útil, b) Mensuração do comprimento útil .....	54
Figura 36 – Telha cerâmica paulista rompida .....	63
Figura 37– Telha de concreto rompida .....	64

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo do ensaio de absorção d'água .....	61
Gráfico 2 – Comparativo do ensaio de determinação de carga de ruptura .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de custo de 1 m <sup>2</sup> de telhado com a utilização da telha cerâmica paulista e da telha de concreto clássica. ....	55
Tabela 2 - Custo total para obtenção de 1 m <sup>2</sup> de telhado .....	55
Tabela 3 - Resultados da verificação da identificação da telha cerâmica paulista ....	56
Tabela 4 – Resultado da verificação da sonoridade da telha cerâmica paulista .....	57
Tabela 5 – Resultado da verificação da sonoridade da telha de concreto .....	57
Tabela 6 – Resultado da verificação das características visuais.....	58
Tabela 7 – Resultado da verificação das características visuais da telha de concreto .....	58
Tabela 8 – Resultado das características dimensionais das telhas capa .....	58
Tabela 9 – Resultado das características dimensionais das telhas canal: comprimento e largura .....	59
Tabela 10 – Resultado das características dimensionais das telhas canal: posição e altura do pino .....	59
Tabela 11 – Resultado das características dimensionais da telha de concreto .....	60
Tabela 12 – Resultado do ensaio de absorção de água .....	60
Tabela 13 – Resultado do ensaio de absorção de água da telha de concreto .....	61
Tabela 14 – Resultado do ensaio de impermeabilidade da telha cerâmica paulista	62
Tabela 15 – Resultado do ensaio de impermeabilidade da telha de concreto .....	62
Tabela 16 – Resultado do ensaio de ruptura da telha cerâmica paulista .....	63
Tabela 17 – Resultado do ensaio de ruptura da telha de concreto .....	64
Tabela 18 – Resultado do ensaio do rendimento médio da telha cerâmica paulista	65
Tabela 19 – Resultado do ensaio do rendimento médio da telha de concreto .....	66
Tabela 20 - Custo de uma residência de 50 m <sup>2</sup> com os dois tipos de telha .....	66

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>17</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Telha cerâmica paulista.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.1 História .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.2 Tipo de telha .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.3 Acessórios .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.4 Processo produtivo .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.4.1 Matéria-prima.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.4.2 Extração e estocagem das argilas.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.4.3 Preparação da matéria-prima e da massa.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.4.4 Conformação .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.4.5 Secagem.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.4.6 Queima e estocagem.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.5 Características gerais .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.6 Requisitos .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.6.1 Gerais .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.6.2 Específicos .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.7 Vantagens e desvantagens .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.8 Patologia .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.9 Manutenção .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Telha de concreto clássica.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.1 História .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.2 Acessórios .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3 Processo produtivo .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3.1 Matéria-prima.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3.2 Preparação da matéria-prima e da massa .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.3.3 Conformação .....</b>	<b>38</b>

4.2.3.4 Sistema de cura .....	39
4.2.4 Características gerais .....	39
4.2.5 Dimensional e geométrico.....	39
4.2.6 Requisitos físicos.....	40
4.2.7 Vantagens e desvantagens .....	41
4.2.8 Patologia .....	42
4.2.9 Manutenção .....	43
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
5.1 Materiais.....	43
5.2 Métodos.....	44
5.2.1 Verificação de requisitos .....	45
5.2.1.1 Identificação .....	45
5.2.1.2 Dimensões .....	45
5.2.1.3 Características visuais.....	47
5.2.1.4 Sonoridade.....	47
5.2.2 Determinação da absorção d'água .....	48
5.2.3 Verificação da impermeabilidade.....	50
5.2.4 Determinação da carga de ruptura à flexão simples adaptado .....	52
5.2.5 Rendimento médio .....	53
5.2.6 Análise da viabilidade econômica .....	55
<b>6 RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
6.1 Verificação da identificação .....	56
6.2 Sonoridade.....	57
6.3 Características visuais.....	58
6.4 Verificação das dimensões .....	58
6.5 Ensaio de absorção d'água.....	60
6.6 Impermeabilidade.....	61
6.7 Ensaio de ruptura à flexão simples adaptado .....	62
6.8 Rendimento médio .....	65
6.9 Viabilidade econômica.....	66
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os telhados das residências normalmente utilizam telhas cerâmicas, telhas de concreto ou telhas de fibrocimento. As telhas de concreto surgiram no mercado com uma nova proposta de cobertura. A escolha pela telha de concreto vem crescendo devido esta ter boa resistência e estética. Porém, as telhas cerâmicas e as telhas de fibrocimento ainda dominam grande parte do mercado.

A telha cerâmica é uma das opções de telhas mais antigas e acessíveis e também são muito utilizadas, devido adaptar-se bem ao clima tropical e oferecer um bom custo-benefício. As telhas têm como principais requisitos: o formato que garanta fácil colocação no telhado, a impermeabilidade e a segurança contra intempéries. As telhas são oferecidas em diversos formatos e diferentes tipos de encaixe, variam quanto ao rendimento por m<sup>2</sup>, inclinação do telhado e proporcionam uma grande variedade de opções arquitetônicas com o seu uso.

Neste trabalho será apresentada uma comparação entre a telha cerâmica paulista e a telha de concreto clássica. Essa comparação visa apresentar as características, o desempenho e as vantagens e desvantagens das duas telhas. Para se obter uma melhor comparação foram realizadas verificações como: identificação, dimensões, sonoridade e características visuais. Também foram realizados ensaios de determinação da impermeabilidade, absorção d'água, rendimento médio, carga de ruptura a flexão simples e viabilidade econômica. Todas essas verificações e ensaios foram feitos nos dois tipos de telhas estudados e de acordo com as exigências da NBR 15310 (ABNT, 2009) que aborda sobre a telha cerâmica e da NBR 13858-2 (ABNT, 2009) que trata sobre a telha de concreto.

## **2 OBJETIVOS**

Esse tópico tem como fim retratar quais são os objetivos do presente trabalho, sendo eles objetivo geral e objetivos específicos, conforme descritos a seguir.

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste num estudo investigativo sobre a telha cerâmica paulista e a de concreto clássica e o seu uso na construção civil.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- . Descrição das características e processos de produção das telhas cerâmicas e de concreto;
- . Expor as vantagens e desvantagens das telhas de cerâmica e de concreto;
- . Realizar ensaios de impermeabilidade, absorção d'água, carga de ruptura à flexão simples e rendimento médio dos dois tipos de telhas estudadas;
- . Analisar a viabilidade econômica de ambas as telhas.

### **3 JUSTIFICATIVA**

O trabalho teve o intuito de abordar sobre as telhas cerâmicas paulista e de concreto clássica, sendo que ainda não existem estudos tão detalhados que especifiquem quais materiais estão sendo empregados na produção destas telhas, como são seus processos de fabricação, as normas relacionadas a estas telhas, o seu desempenho na estrutura, o impacto econômico e ambiental relacionado aos seus materiais.

O estudo científico é pertinente devido ao aumento da utilização das telhas de concreto em substituição as telhas de cerâmica na construção civil. O estudo detalhado servirá, também, de informação ao meio acadêmico e aos profissionais, contribuindo para pesquisas e estudos, proporcionando conhecimento sobre o uso das telhas de cerâmica paulista e de concreto clássica.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nessa seção foram abordados os assuntos essenciais para a elaboração do trabalho. Através do embasamento teórico obtido mediante pesquisas em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e artigos acadêmicos.

### **4.1 Telha cerâmica paulista**

De acordo com Isaia (2007, p. 579), “as telhas cerâmicas são componentes que, em conjunto com componentes acessórios, são utilizados para a construção de telhados.”

“As coberturas revestidas com telhas cerâmicas constituem um elemento tradicional na paisagem brasileira e, de alguma forma, fazem parte da cultura, identificando uma forma de viver adaptada a cada uma das regiões em que se inserem.” (MELO; LANNA, 2002).

Segundo Ribeiro *et al.* (2002), “as telhas cerâmicas têm larga aplicação na construção, sobretudo residencial, uma vez que apresentam vantagens sob o ponto de vista de conforto térmico, estético e de custos.” E de acordo com Melo (2011), “as telhas do tipo paulista são os formatos de telhas mais encontrados na arquitetura brasileira e no mercado nacional.”

#### **4.1.1 História**

De acordo com Bastos (2003), a telha cerâmica surgiu na China, por volta de 10.000 A.C. e logo se espalhou pela Europa e Ásia. No Brasil, segundo a (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER), 2000), “o uso de telhas cerâmicas e tijolos maciços ocorre desde o descobrimento. Inicialmente as telhas eram conformadas manualmente com mão de obra escrava, onde estes as moldavam nas suas pernas.”

Mas o grande desenvolvimento da indústria cerâmica brasileira ocorreu depois da segunda guerra mundial. A rápida evolução foi devida à abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de

tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABCERAM), 2002).

A descoberta das propriedades que o tratamento pelo fogo confere à argila, segundo Melo e Lanna (2002), “mostra que o homem rapidamente aprendeu a controlá-las e fazer o uso mais adequado de acordo com as próprias necessidades.”

De acordo com o (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT), 1988) “a telha tipo colonial, foi uma das primeiras telhas cerâmicas trazidas para o Brasil pelos portugueses (daí o nome “colonial”). A partir do desenho da telha colonial surgiram diversas formas evolutivas, firmando-se no mercado as telhas paulistas e plan.” O presente trabalho teve como foco o estudo da telha paulista que é a evolução da telha colonial.

#### **4.1.2 Tipo de telha**

Segundo a NBR 15310 (ABNT, 2009), os tipos de telhas cerâmicas são classificados de acordo com suas características geométricas e do tipo de fixação, havendo quatro tipos:

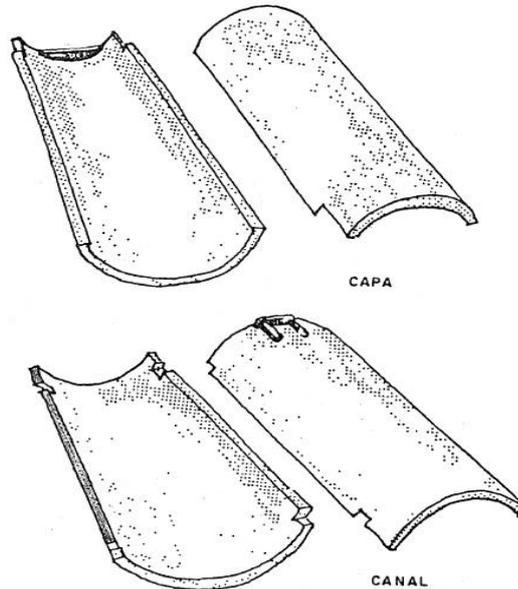
- Telhas planas de encaixe que se encaixam por meio de sulcos e saliências apresentando pinos e furos de amarração para sua fixação na estrutura de apoio;
- Telhas compostas de encaixe, que possuem geometria formada por capa e canal no mesmo componente, apresentando pinos e furos de amarração para sua fixação na estrutura de apoio;
- Telha simples de sobreposição, formadas por capa e canal independentes;
- Telhas planas de sobreposição, que somente se sobrepõem e podem ter pinos e furos de amarração para sua fixação na estrutura de apoio;

A telha cerâmica paulista, segundo a NBR 15310 (ABNT, 2009) está classificada em telha simples de sobreposição por ter sua geometria formada por uma capa e um canal independentes.

Para o IPT (1988), “a telha tipo paulista apresenta a capa com largura ligeiramente inferior à largura do canal (FIG. 1), o que confere ao telhado um movimento plástico bastante diferenciado daquele verificado para o telhado de telhas coloniais.” A telha paulista também é chamada de telhas colonial em certas

regiões, mas a telha colonial ainda segundo o IPT (1988), “caracteriza-se por apresentar um único tipo de peça destinada tanto para os canais como para as capas (essas sem reentrâncias).”

Figura 1 – Telha cerâmica tipo paulista – vistas inferior e superior da capa e do canal



Fonte: IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS), 1988.

A FIG. 2 a seguir ilustra uma residência com cobertura de telha cerâmica paulista

Figura 2 – Cobertura com telha cerâmica paulista



Fonte: Cerâmica Avante (2017).

São telhas com formato de meia-cana, caracterizadas por peças côncavas (canais) que se apoiam sobre as ripas e por peças convexas (capas) que por sua vez se apoiam sobre os canais. Os canais apresentam um ressalto na face inferior, para apoio das ripas, sendo que as capas geralmente possuem reentrâncias com a finalidade de permitir o perfeito acoplamento com os canais; tanto as capas quanto os canais apresentam detalhes (encaixes, apoios, etc.) que visam impedir o deslizamento das capas em relação aos canais (IPT, 1988).

#### 4.1.3 Acessórios

Segundo a Cerâmica Avante (2017), a telha cerâmica possui um acessório que faz parte da composição do telhado, a telha modelo capote ou cumeeira (FIG. 3). Essa telha é utilizada na cumeeira do telhado. De acordo com a NBR 13858-1 (ABNT, 2009), cumeeira é a aresta horizontal delimitada pelo encontro de duas águas (superfície plana inclinada de um telhado), geralmente localizada na parte mais alta do telhado.

Figura 3 - Telha modelo capote ou cumeeira

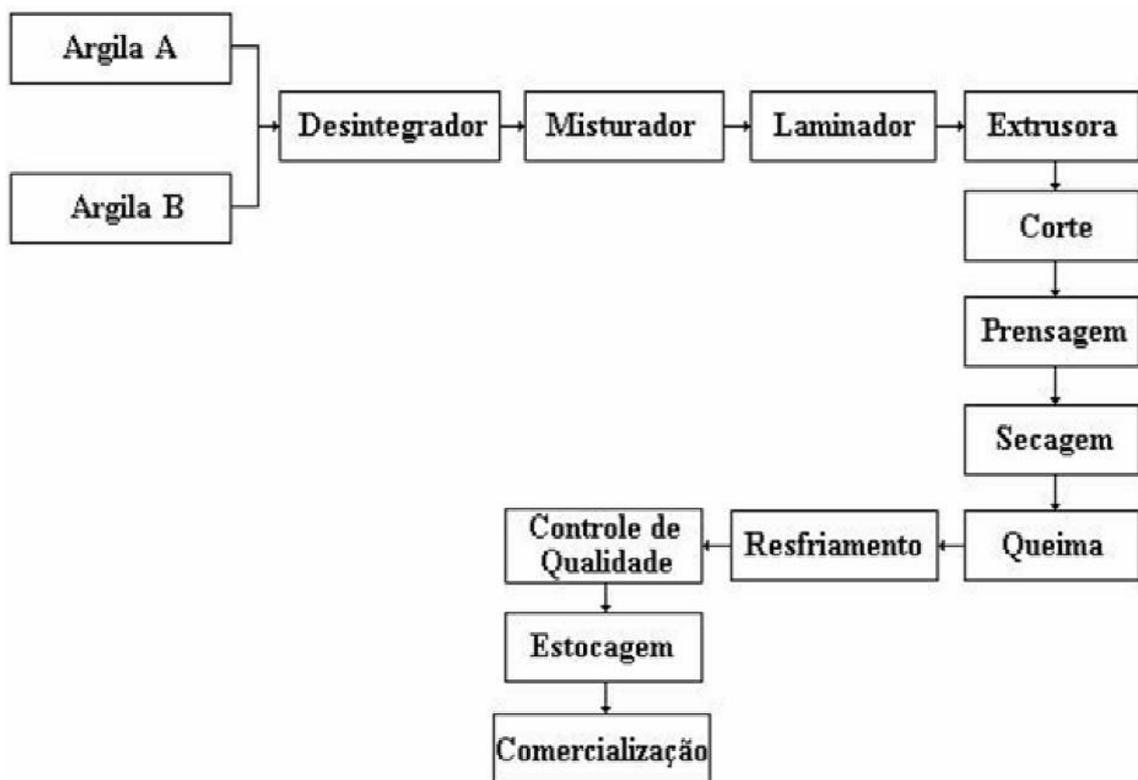


Fonte: Cerâmica Avante (2017).

#### 4.1.4 Processo produtivo

Segundo Oliveira (2011), “Esse processo é comum a todas as empresas em geral, havendo pequenas variações, de acordo com características particulares de cada matéria-prima ou produto final. Porém, algumas empresas utilizam equipamentos rudimentares e outras com equipamentos mais modernos.” As telhas cerâmicas adotam o seguinte processo de produção conforme mostra a FIG. 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo produtivo da telha cerâmica



Fonte: SANTOS, 2001.

##### 4.1.4.1 Matéria-prima

A principal matéria prima usada na produção de telhas cerâmicas é a argila. Santos (1989) define argila como um material natural, terroso, de granulometria fina, que geralmente adquire, quando umedecido em água, certa plasticidade.

Segundo Isaia (2007), “As argilas mais utilizadas na fabricação de telhas cerâmicas são dos tipos illita e montmorilonita, sendo necessária uma seleção

criterosa da mistura de argilas que irão compor a massa, em função do tipo de telha a ser fabricada.”

A illita é muito utilizada em blocos, tijolos, telhas e lajotas, sendo responsável pela coloração avermelhada dos produtos. É muito plástica, de fácil moldagem e apresenta bom desempenho na secagem. A montmorilonita, em pequenas proporções, é benéfica nas argilas para cerâmica vermelha, porque favorece a plasticidade, a fusibilidade e sinterização, é dita expansiva por absorver grande quantidade de água. Por ser muito plástica, pode ocasionar problemas na moldagem e trincas na secagem e queima (SANTOS; SILVA, 1995).

A indústria de cerâmica vermelha utilizada na fabricação de telhas cerâmicas, segundo Santos (1989), “é uma das indústrias mais difundidas e é um dos poucos campos da cerâmica em que uma única matéria-prima, a argila, é moldada na forma final de utilização e queimada sem a adição de outro minério.”

#### **4.1.4.2 Extração e estocagem das argilas**

No Brasil a extração é realizada a céu aberto e geralmente as empresas possuem suas próprias jazidas. Segundo Bastos (2003), “a extração é feita através de retroescavadeiras e escavadeiras e o transporte da jazida para a fábrica é realizado através de caminhões basculantes. O plano de extração normalmente prevê a remoção de estéreis, isto é, a vegetação, o solo arável e outros materiais maléficos ao processo.”

As argilas devem ser estocadas por um longo período a céu aberto, obtendo-se com isso características adequadas ao seu processamento. Essa prática, chamada sazonalidade, é muito comum desde a antiguidade, pois os processos de intemperismo provocam o alívio de tensões dos blocos de argila, melhoram sua plasticidade e homogeneizam a umidade, entre outros fatores (ABCERAM, 2002, p. 43).

Segundo Santos e Silva (1995), “o processo de sazonalidade facilita a moldagem por extrusão, evitando o inchamento das peças após moldagem, com a ocorrência de deformações, trincas e ruptura das peças no processo de secagem, e o desenvolvimento de gases durante a queima.”

“É recomendável que a argila, após o sazonalidade, seja transportada para um pátio coberto, ou seja, recoberta com lona, evitando assim o excesso de

umidade ou o ressecamento. O material então é transportado para dar entrada no processo.” (BASTOS, 2003).

#### **4.1.4.3 Preparação da matéria-prima e da massa**

Após o sazonalamento, as matérias-primas são dosadas na quantidade necessária para dar entrada na linha de produção. Segundo Bastos (2003), “a dosagem pode ser feita através da medida de conchadas da retroescavadeira ou através de caixões alimentadores, controlando a abertura dos mesmos.”

A mistura dosada é conduzida aos desintegradores, onde os grandes blocos de argila são desintegrados e as pedras, quando existentes, separadas por centrifugação (ABCERAM, 2002)

O material desagregado é então transportado para o misturador, onde inicia o processo de homogeneização e, em seguida, a mistura é transferida para o laminador, que tem por objetivo diminuir a granulometria da massa, completar a homogeneização e cortar a massa em lâminas. (BASTOS, 2003).

#### **4.1.4.4 Conformação**

Nesta etapa a argila toma a forma de telha, através da extrusão e prensagem. A moldagem das telhas pode variar, segundo Bauer (1994), pode ser feita por extrusão, seguida de prensagem, ou somente por extrusão.

A moldagem extrudada, segundo Bispo (2009), “é feita através de uma extrusora onde a matéria-prima é forçada, por meio de hélices ou parafuso sem fim, a passar por um molde com a forma desejada. Saindo da extrusora com a forma desejada essa massa é cortada através de dispositivos automatizados que as deixam no comprimento projetado.”

Na moldagem feita for extrusão, seguida de prensagem, de acordo com Isaia (2007), “consiste na extrusão da argila, numa umidade entre 20% e 25%, formando um bastão que é cortado nas dimensões adequadas para a fabricação da telha.” A FIG. 5 mostra os bastões sendo cortados.

Figura 5 – Extrusão dos bastões



Fonte: Bispo (2009).

Após esse processo vem à prensagem, de acordo com Bauer (1994), “as prensas são geralmente rotativas, como a prensa-revólver. Esta é uma prensa com mesa rotativa. A massa é colocada no molde, seguindo-se um giro da mesa, e, então, a massa é comprimida; mais outro giro e a telha é retirada. Há um fluxo contínuo.”

As telhas de cerâmica prensada são muito superiores às telhas de barro comum, por serem mais impermeáveis e lisas. (BAUER, 1994)

#### 4.1.4.5 Secagem

“Secagem é a remoção de líquido do material por meio de transporte através dos poros e evaporação para o meio ambiente. O ar do ambiente, que não é saturado, tende a absorver a umidade das peças até ocorrer o equilíbrio.” (BASTOS, 2003)

Segundo Bispo (2009), “não se pode partir para a queima de imediato porque a água interna fica retida pela crosta externa o que causará o fendilhamento da telha. Na secagem a telha elimina a água livre e parte da água adsorvida.”

“Existem basicamente dois tipos de secagem; a natural, onde as peças são deixadas ao ar livre ou em pátios cobertos; e a artificial (FIG. 6), em que as peças são colocadas dentro de secadores, onde recebem ventilação forçada e ar quente para auxiliar a extração da umidade.” (BASTOS, 2003).

Figura 6 – Secagem das telhas de forma artificial em estufas



Fonte: Bispo (2009).

#### 4.1.4.6 Queima e estocagem

“A queima é a fase mais importante do processo cerâmico, pois é nela que o material adquire as propriedades adequadas a seu uso, como dureza, resistência mecânica, resistência às intempéries e aos agentes químicos.” (TOMAZETTI, 2003). As telhas cerâmicas, segundo Isaia (2007), “após o processo de secagem, são queimadas em temperaturas entre 900°C e 1100°C.”

A queima das telhas é realizada em fornos intermitentes ou contínuos. “No forno intermitente o processo de queima consiste em carregar o forno, queimar até a temperatura de estabilização, resfriar e, então retirar as peças. Este ciclo pode variar para até um mês para fornos de grande produção.” (FONSECA *et al.*, 1994).

O forno contínuo possui dois tipos, o Túnel e o Hoffman.

O forno de Hoffman: São constituídos de uma série de câmaras ligadas lateralmente e aquecidas uma após outra. Isso permite que os gases de combustão da câmara que está queimando seja direcionado à adjacente, que será a próxima a ser queimada, e assim pré-aquecer a carga seguinte até quase a temperatura máxima de queima. (NORTON, 1973).

A FIG. 7 mostra o forno contínuo tipo Hoffman.

Figura 7 – Forno Hoffman



Fonte: Júnior (2010).

Segundo Júnior (2010), o forno túnel (FIG. 8) e o forno Hoffman são um dos mais eficientes.

Figura 8 – Forno Túnel



Fonte: Júnior (2010).

Forno contínuo tipo túnel: consiste num longo túnel construído com material refratário, com uma fonte de calor na região central e uma série de carros carregando as peças e movimentando-se ao longo do forno. É subdividido em 3 zonas; a de pré-aquecimento, onde a temperatura atinge até 600 °C; a de queima, onde estão os queimadores e é atingida a máxima temperatura, que é mantida por algum tempo; e por fim a zona de resfriamento, onde as peças são resfriadas lentamente pelo ar que entra no forno. O fluxo de ar quente se dá na direção contrária ao movimento dos carros. (BASTOS, 2003).

Após a queima, deve se eliminar as telhas com defeitos, como fissuras, empenos e mal queimadas. Posteriormente, segundo RIPPER (1995), a estocagem das telhas deve ser feita em superfície plana, limpa e livre de umidade. Os produtos devem ser protegidos contra chuva, sendo recomendável que as pilhas sejam cobertas com lonas.

#### **4.1.5 Características gerais**

Segundo a Cerâmica Avante (2017), a telha cerâmica Paulista tem inclinação mínima de 25% com comprimento do telhado até 5 metros, de 30% com comprimento do telhado de 5 a 8 metros e inclinação de 35% acima de 8 metros.

Também de acordo com a Cerâmica Avante (2017), a telha cerâmica paulista tem a galga média (distância entre as faces superiores de dois sarrafos) de 42 cm.

#### **4.1.6 Requisitos**

Os requisitos são exigências estabelecidas pela NBR 15310 (ABNT, 2009) com objetivo de garantir o desempenho das telhas cerâmicas.

##### **4.1.6.1 Gerais**

Segundo a NBR 15310 (ABNT, 2009), as telhas cerâmicas devem obedecer aos seguintes requisitos gerais:

- . Identificação - A telha cerâmica deve trazer, a identificação do fabricante e os outros dados gravados em relevo ou reentrância, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o seu uso;

- . Características visuais - A telha pode apresentar ocorrências como esfoliações, quebras, lascados e rebarbas que não prejudiquem o seu desempenho; igualmente, são admissíveis eventuais riscos, escoriações e raspagens causadas por atrito feitas nas telhas durante sua fabricação, embalagem, manutenção ou transporte;
- . Sonoridade - A telha deve apresentar som semelhante ao metálico, quando suspensa por uma extremidade e percutida;

#### **4.1.6.2 Específicos**

Segundo a NBR 15310 (ABNT, 2009), as telhas cerâmicas devem obedecer aos seguintes requisitos específicos:

- . Massa - A massa da telha seca não deve ser superior a 6% do valor declarado no projeto do modelo da telha;
- . Absorção de água - O limite máximo admissível é 20%;
- . Impermeabilidade - Quando submetida ao ensaio para verificação da impermeabilidade, a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, sendo, porém, tolerado o aparecimento de manchas de umidade;
- . Carga de ruptura à flexão - A carga de ruptura a flexão da telha paulista não deve ser inferior a 1000N (100Kgf).

#### **4.1.7 Vantagens e desvantagens**

A telha cerâmica apresenta bom desempenho ao longo do tempo e é adaptável a todo o tipo de edificação. As telhas cerâmicas possuem, segundo Mattos (1988), “diversidades de tipos facilitando a compatibilização do telhado com o projeto arquitetônico, conforto térmico no interior da edificação e possibilidade de criação de telhados curvos.”

A (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER), 2013), elaborou um estudo comparando a cobertura de telha cerâmica com a de telha de concreto, pode se observar as seguintes vantagens da telha cerâmica:

- . 1 m<sup>2</sup> de uma cobertura com telhas cerâmicas emite 52% menos CO<sub>2</sub> do que a cobertura utilizando telhas de concreto. Embora requeira três vezes mais energia, a fabricação de telhas cerâmicas utiliza fontes de energia renovável.
- . Também são 15 a 20% mais leves por m<sup>2</sup> de telhado;
- . Percorrem menores distâncias de transporte, resultando em menores emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera;
- . Apresentam impactos 57% menores no Esgotamento de Recursos não renováveis que com telhas de concreto, pois utilizam fontes renováveis de energia;
- . Consomem 72 % menos água que uma cobertura feita com telhas de concreto.

As telhas cerâmicas possuem as seguintes desvantagens:

- . As telhas de cerâmica absorve mais água se tornando frágeis com o passar do tempo;
- . Apresentam dimensões não muito constantes;
- . É menos resistente;
- . Aplicação é mais difícil;
- . O encaixe não é perfeito, deslocando-se com o tempo;

#### **4.1.8 Patologia**

As patologias em coberturas inclinadas revestidas com telhas cerâmicas podem ser oriundas da má qualidade das telhas, de erros na execução da cobertura e de falta de manutenção preventiva durante a vida útil da mesma. (FERREIRA, 2009).

Segundo LOUZCH *et al.* (2016, p.1272), “A exposição direta da edificação ao meio externo, causa ao longo do tempo a deterioração das telhas presentes na cobertura, em virtude da ação da radiação ultravioleta, do acúmulo de sujeira/pó e

da ação da poluição urbana, desencadeando assim alteração das propriedades físicas da telha.”

Para Verçoza (1991), A presença de umidade é um meio para que várias patologias surjam nos telhados sendo fator essencial para o aparecimento de eflorescências, aparecimento de fungos, mofo, alteração nas colorações e fissuras.

Destaca-se que, o acúmulo de materiais sobre as superfícies e a proliferação de fungos e musgos devido a presença de umidade nos materiais, tendem a modificar a cor e a rugosidade dos elementos do sistema de cobertura. (LOUZICH *et al.* 2016, p. 1273)

“As telhas também devem ser lisas, para deixar a água escorrer facilmente e para diminuir a proliferação de musgo (esverdeamento de parte das telhas).” (VERÇOZA, 1975, p. 91)

De acordo com Souza (2008), “o mofo é um defeito muito constante em telhados, interferindo nas características estéticas dos mesmos. A pintura será uma saída prática para esta patologia.”

Segundo GRANATO (2005), a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos e alcalino-ferrosos depositados pela ação da água da chuva ou do solo, estes sais são dissolvidos e migram para superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos.

A FIG. 9 mostra a eflorescência em telhas cerâmicas

Figura 9 – Eflorescência em telhas cerâmicas



Fonte: Monteiro (2009).

#### 4.1.9 Manutenção

De acordo com (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO (IPHAN), 1999), a limpeza das telhas pode ser feita através da remoção de fungos e

liquens com água e sabão neutro, escova de cerdas naturais (piaçava), ou plásticas e secagem à sombra.

A manutenção das telhas cerâmicas evita telhas quebradas ou fissuradas; telhas com fungos e com degradação e telhas fora de posição (escorregamento). (SOUZA, 2008).

Segundo Amaro, “Se houver necessidade de substituir telhas danificadas, lembre-se de comprar modelos do mesmo fabricante e do mesmo lote, preferencialmente.” Isso evita problemas de encaixe devido às peças de diferentes fabricantes terem medidas diferentes.

#### **4.2 Telha de concreto clássica**

A NBR 13858-2 (ABNT, 2009, p. 1), define a telha de concreto como sendo um “componente para cobertura com forma essencialmente retangular e perfil geralmente ondulado, composto de cimento, agregado e água, aditivos ou adições, fornecido na cor natural ou colorido pela adição de pigmento”.

Segundo Valcarenghi e Piovesan (2011), “quando se fala em telhado, lembra-se de telhas de barro, em que são utilizadas a várias décadas como elemento insubstituível nessa etapa da obra, porém, nos últimos anos, a fabricação de telhas de concreto vem aumentando consideravelmente.”

Atualmente existem diferentes modelos de telhas de concreto. As telhas sofrem variações de nomes em um único modelo, cada empresa pode atribuir um nome para um mesmo modelo de telha. O tipo de telha de concreto abordada nesse trabalho foi o modelo clássico (FIG. 10), também conhecido como Tradição.

Figura 10 – Telha de concreto clássica



Fonte: O autor (2017).

A FIG. 11 mostra uma residência com cobertura de telha concreta clássica.

Figura 11 – Residência com telha de concreto clássica



Fonte: Tégula (2017).

#### 4.2.1 História

As telhas de concreto surgiram apenas em 1844, na Bavária, sendo assim, existem muitos telhados com mais de cem anos de idade, o que comprova a qualidade das telhas de concreto. O processo produtivo das telhas de concreto evoluiu e em 1919, foi inventada a primeira máquina operada mecanicamente. Esta máquina utilizava uma esteira com formas de ferro fundido passando sobre um silo que lançava o concreto dentro dos moldes. Por volta de 1925, foi introduzido o sistema de extrusão. No Brasil, a produção só começou em 1976. (ANFATECCO (ASSOCIACAO NACIONAL DE FABRICANTES DE TELHAS CERTIFICADAS DE CONCRETO) apud CINTRA, 2008).<sup>1</sup>

“As telhas de concreto são produzidas no Brasil há mais de três décadas, mas seu crescimento foi relativamente lento ao passar dos anos, entretanto, a sua participação no mercado vem crescendo significativamente.” (SILVA *et al.*, 2015)

---

<sup>1</sup> ANFATECCO (Associação Nacional de Fabricantes de Telhas Certificadas de Concreto). História. 2010.

#### 4.2.2 Acessórios

De acordo com Marion Madeiras (2017), o telhado com telha de concreto é necessário utilizar telhas acessórios como acabamento para garantir o desempenho.

A seguir serão apresentados alguns tipos de acessórios da telha de concreto clássica. A FIG. 12 mostra as telhas terminais usadas para realizar o arremate no final do telhado, podem ser terminal direita ou terminal esquerda.

Figura 12 – Telha terminal direito e telha terminal esquerda



Fonte: Marion Madeira (2017).

Outro acessório utilizado no telhado é a telha cumeeira espigão que é usada na cumeeira ou espigão do telhado. O espigão de acordo com a NBR 13858-1 (ABNT, 2009) é a aresta inclinada definida pelo encontro entre duas águas que formam um diedro convexo, isto é, o espigão é um divisor de águas. A FIG. 13 ilustra a telha cumeeira/espigão.

Figura 13 – Telha cumeeira/espigão



Fonte: Marion Madeiras (2017).

A telha espigão inicial proporciona um acabamento no início do espigão. A FIG. 14 mostra a telha espigão inicial.

Figura 14 – Telha espigão inicial



Fonte: Marion Madeiras (2017).

A telha cumeeira três vias (FIG. 15) é utilizada na ramificação da cumeeira para dois espigões.

Figura 15 – Telha cumeeira 3 vias



Fonte: Marion Madeiras (2017).

A telha cumeeira quatro vias (FIG. 16) é empregada em telhados que possuem quatro espigões de origem em comum.

Figura 16 - Telha cumeeira 4 vias

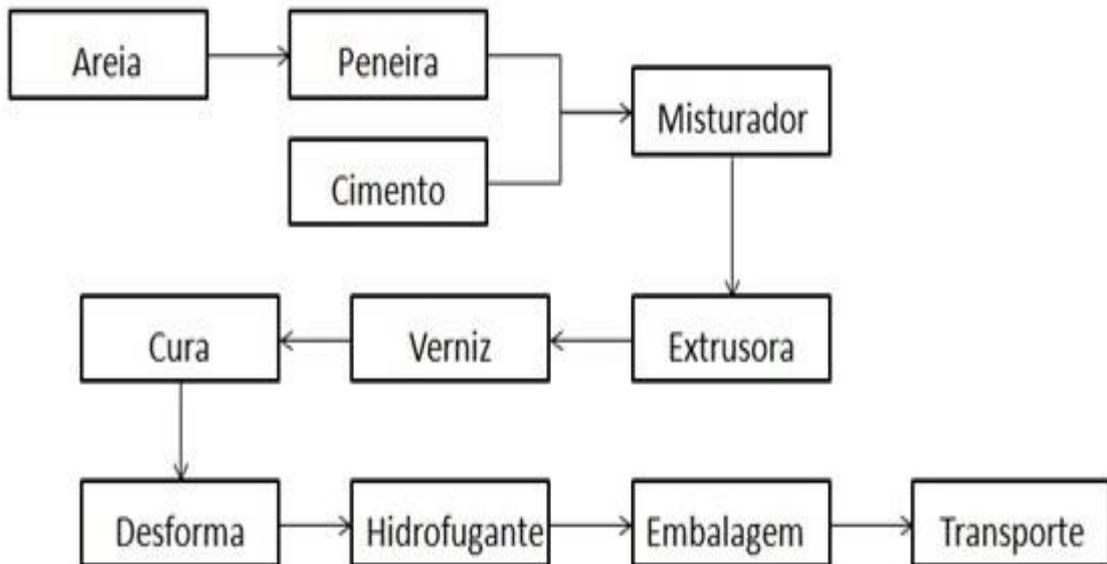


Fonte: Marion Madeiras (2017).

### 4.2.3 Processo produtivo

As telhas de concreto adotam o seguinte processo de produção conforme mostra a FIG. 17.

Figura 17 – Fluxograma do processo produtivo da telha de concreto



Fonte: O autor (2017).

#### 4.2.3.1 Matéria-prima

As telhas de concreto são produzidas, segundo Isaia (2007, p. 958), “com cimento Portland, agregado e água, podendo conter ainda pigmentos, aditivos ou adições. Normalmente, o material empregado para sua confecção é uma argamassa produzida com agregados de módulo de finura baixo, com reduzida quantidade de água.”

A cor da telha de concreto é fornecida, de acordo com a NBR 13858-2 (ABNT, 2009, p. 1), “na cor natural ou colorida pela adição de pigmento à massa ou pela aplicação de uma camada superficial.”

As telhas podem ter também aditivos que, segundo a NBR 13858-2 (ABNT, 2009), “são adicionados em pequenas quantidades referidas à massa do cimento antes ou durante o processo de mistura, causando modificações em suas propriedades.”

#### 4.2.3.2 Preparação da matéria-prima e da massa

De acordo com (Mello, 2010), “As telhas de concreto são produzidas a partir da adição de pigmentos coloridos diretamente à mistura planetária com utilização de cimento Portland de alta resistência inicial, areias e agregados selecionados (finos, médios e grossos) com adição de água suficiente para cada traço de mistura desejada.”

Segundo Isaia (2007, p. 959), “As quantidades de encaixes, saliências, frisos e curvaturas determinam o emprego de um agregado fino em argamassa.”

“A areia fina, areia grossa e cimento são colocadas no gabarito e levadas através de uma esteira ao misturador. Este gabarito garante as quantidades corretas dos componentes da telha.” (CINTRA, 2008)

Também de acordo com CINTRA (2008), “No misturador os componentes são misturados e recebem pigmentação e água. O sensor de umidade garante que a argamassa mantenha 8% de umidade. A esteira encaminha a argamassa a um compartimento que a transporta por gravidade à extrusora.” A FIG. 18 mostra o misturador e o sensor de umidade.

Figura 18 – Misturador e sensor de umidade



Fonte: Cintra, 2008.

### 4.2.3.3 Conformação

As telhas de concreto são produzidas através de conformação por compactação ou por extrusão. Podem ser fabricadas em grande quantidade por equipamentos de alta produtividade com processos de adensamento sempre associados à prensagem de grande capacidade. A argamassa produzida necessariamente de forma muito homogênea, é depositada sobre formas metálicas e prensadas a partir de um êmbolo capaz de transmitir o esforço uniformemente em toda a superfície da peça, o qual define a forma de uma das faces da telha, normalmente a superior, a qual requer melhor acabamento por permanecer à vista do telhado. (ISAIA, 2007)

De acordo com Cintra (2008), “Cada telha é moldada em uma forma que passa em uma esteira por baixo da extrusora, onde recebem a argamassa (FIG. 19).”

Figura 19 – Extrusora recebendo argamassa



Fonte: Cintra, 2008.

Segundo CINTRA (2008), “As telhas são cortadas exatamente na dimensão da forma (FIG. 20). Ainda nas formas, as telhas são colocadas em gaiolas que são encaminhadas para a câmara de cura a vapor”

Figura 20 – Corte na medida da forma



Fonte: Cintra, 2008.

Após 24hs as gaiolas são retiradas das câmaras e encaminhadas para desforma. A telha, ainda com a forma, é colocada na esteira onde são desformadas. Após se desprender da forma, porém ainda na forma a telha recebe o verniz hidrofugante, que auxilia na impermeabilização das telhas. A telha é retirada da forma. As formas são limpas e recolocadas na esteira, para chegarem à extrusora e receberem uma nova argamassa, fechando dessa forma o ciclo de produção. No pátio as telhas ficam em processo de cura ao ar livre por no mínimo sete dias, após esse prazo as telhas podem ser entregues para os consumidores. (CINTRA, 2008)

#### **4.2.3.4 Sistema de cura**

De acordo com (Mello, 2010), “o material bruto é levado à estufa de vapor para secagem em formas plásticas ou de alumínio, com processo semiautomático. As telhas saem moldadas e precisam ser extraídas do cabeçote do molde, ou das gaiolas de secagem.”

De acordo com Isaia (2007, p. 958), “a cura, como em qualquer aglomerado de cimento Portland, deverá ser procedida da melhor maneira possível, garantindo a obtenção plena das características exigidas do material.”

#### **4.2.4 Características gerais**

Segundo a NBR 13858-2 (ABNT, 2009), as telhas devem ter sobreposição longitudinal mínima de 10 cm considerando o cálculo de consumo de 10,5 telhas por m<sup>2</sup>. Para evitar cortes da telha na linha da cumeeira, é permitido o aumento da sobreposição.

Também de acordo com a NBR 13858-2 (ABNT, 2009), a galga média da telha de concreto convencional (distância entre as faces superiores de dois sarrafos) é de 32 cm. E a inclinação mínima do telhado utilizando se esta telha é de 30%.

#### **4.2.5 Dimensional e geométrico**

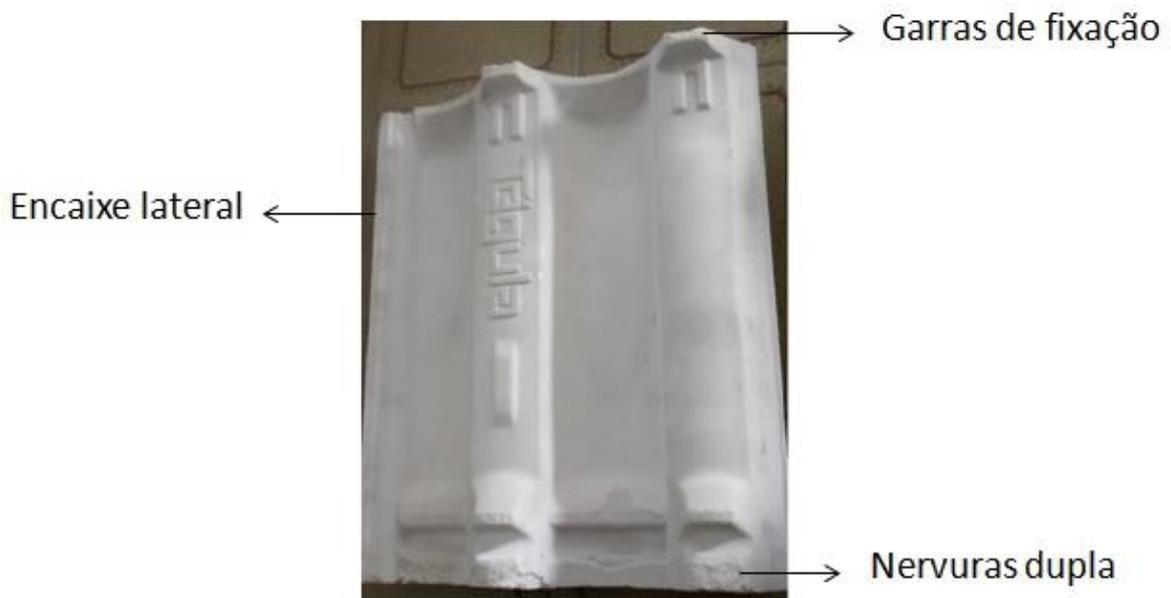
Segundo a NBR 13858-2 (ABNT, 2009), as telhas de concreto devem ter os seguintes dispositivos:

- . Encaixe lateral - Dispositivo com a finalidade de propiciar encaixes seguros nas sobreposições longitudinais e impedir a entrada de água;

- . Garras de fixação - Dispositivos necessários para garantir encaixes nos apoios e alinhamento;
- . Nervura dupla ou pingadeira - Dispositivo com a finalidade de formar uma circulação de ar turbulenta, impedindo assim o retorno de água para dentro do telhado;

A telha de concreto clássica deve ter as dimensões e características conforme a (FIG. 21).

Figura 21 – Dispositivos da telha de concreto.



Fonte: O Autor (2017).

#### 4.2.6 Requisitos físicos

Segundo a NBR 13858-2 (ABNT, 2009), as telhas de concreto devem obedecer aos seguintes requisitos físicos:

- . Sonoridade - Quando suspensa por uma extremidade e devidamente percutida, a telha deve apresentar som semelhante ao metálico;
- . Empenamento - Quando apoiada sobre um plano horizontal, com sua face inferior voltada para baixo, o afastamento entre o plano e qualquer ponto de contato não deve exceder 3 mm;

- . Absorção de água - A absorção de água da telha não deve ser superior a 10%;
- . Permeabilidade - A telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, sendo porém tolerado o aparecimento de manchas de umidade, quando submetida ao ensaio para verificação da permeabilidade;
- . Carga de ruptura à flexão - A carga de ruptura à flexão não deve ser inferior a 2 500 N (250 kgf);
- . Massa - A massa da telha seca é função do perfil adotado, podendo variar de 4,3 kg a 5,0 kg;

#### **4.2.7 Vantagens e desvantagens**

As telhas de concreto possuem as seguintes vantagens (FAZ FÁCIL REFORMA E CONSTRUÇÃO, 2017):

- . Alta Impermeabilidade: A estrutura do telhado praticamente não sofre sobrecarga pela chuva, devido à baixa absorção de água das telhas. Além disso, as câmaras formadas pelas nervuras na parte inferior impedem a penetração de água arrastada pelo vento;
- . Diversidade de Cores: As telhas têm diversas cores, proporcionando mais opções para seu projeto.
- . Resistência à Maresia e Granizo: A qualidade de sua composição interna, do verniz e acabamentos especiais aplicados na sua superfície garante maior resistência aos efeitos da natureza, como a abrasão do sal, típicos das regiões litorâneas e o impacto de granizo, eliminando as despesas com manutenção do telhado;
- . Conforto Térmico: As telhas garantem excelente conforto térmico por terem baixo índice de condutividade térmica e alta refletância ao sol;
- . Maior Resistência: A alta resistência dos materiais e a tecnologia utilizada na produção possibilitam uma resistência superior a 250 kg no perfil clássico. Eliminando a quebra de telhas durante a instalação e aumentando a vida útil do telhado;

- . Encaixes Perfeitos: Produzidas em estreitas tolerâncias, as telhas tem encaixes perfeitos, que garantem um telhado sempre alinhado.

Segundo Isaia (2007, p. 959), “esse tipo de peça apresenta uma riqueza muito grande de detalhes, os quais permitirão, posteriormente, o encaixe das peças de forma a obter um telhamento uniforme e principalmente estanque.”

Mas existem também desvantagens na telha de concreto como (LAJOTEIRO, 2017):

- Requerem uma quantidade maior de madeira para a estrutura, devido serem mais pesadas;
- O concreto também acaba transferindo o calor para dentro da construção;
- Necessitam de uma inclinação mínima de 30%.

#### 4.2.8 Patologia

As telhas de concreto envelhecem rapidamente e são difíceis de limpar devido a sua porosidade. Segundo Telhacol (2017), “o envelhecimento precoce ocorre quando os fungos atacam a porosidade da telha. Quando chove, devido a sua porosidade absorvem água, criando um ambiente propício para o ataque dos fungos.” A FIG. 22 mostra um exemplo de telha de concreto envelhecida.

Figura 22 – Telha de concreto envelhecida



Fonte: Telhacol (2017).

“A falta de manta bloqueadora da transmissão do calor é outro problema comum das telhas de concreto de cores escuras. As telhas escuras são mais

quentes e transmitem maior quantidade de calor que as telhas de concreto da cor clara.” (TELHACOL, 2017)

#### **4.2.9 Manutenção**

Assim como as telhas cerâmicas, de acordo com o IPHAN (1999), “a limpeza das telhas pode ser feita através da remoção de fungos e líquens com água e sabão neutro, escova de cerdas naturais (piaçava), ou plásticas e secagem à sombra.”

De acordo com Silva (2010), “Recomenda-se que a lavagem das telhas seja feita com máquinas de alta pressão e sem a adição de produtos químicos. A limpeza é feita com o uso de produtos que não ataquem as telhas e os demais componentes do telhado.” Mas deve-se ter cuidado quando as telhas de concreto são lavadas com máquinas de alta pressão devido à pressão da água, arrancar os grãos da superfície e reduzir muito a impermeabilidade das telhas.

### **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente pesquisa se dividiu em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a caracterização da telha cerâmica e de concreto. Na segunda etapa foi realizado ensaios técnicos de acordo com a NBR 15310 (ABNT, 2009) e NBR 13858-2 (ABNT, 2009). Também foi feito uma verificação quanto à viabilidade econômica, elaborando-se planilhas orçamentárias.

#### **5.1 Materiais**

Para a realização desse trabalho foram utilizadas em cada ensaio 6 telhas cerâmicas paulista divididas em 3 capas e 3 canais com exceção do ensaio de rendimento médio que foram utilizadas 10 telhas do mesmo tipo divididas em 5 capas e 5 canais. Também foram utilizadas 3 telhas de concreto clássica com exceção do ensaio de rendimento médio que se utilizou 5 telhas. A FIG. 23 mostra os tipos de telhas utilizadas durante os ensaios.

Figura 23 - Tipo de telhas utilizadas nos ensaios



Fonte: O autor (2017).

A fim de realizar a aferição das dimensões nas telhas foi utilizada uma trena metálica e uma régua graduada. Foi utilizada uma balança de precisão Digitron modelo UL20 e um tanque com água para conferir o peso das telhas secas e molhadas. Foi feito também moldes específicos para cada telha para realizar o ensaio de impermeabilidade juntamente com um espelho. Para se fazer o ensaio de determinação da carga de ruptura adaptado foi necessário utilizar pesos de academia e apoios de madeira para as telhas. Para a análise da viabilidade econômica, foram utilizadas tabelas de preço e composição de insumos de ambas as telhas.

## 5.2 Métodos

Este tópico descreve todos os métodos que foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. O objetivo foi obter dados para o comparativo entre a telha cerâmica paulista e a telha de concreto clássica, a partir de ensaios técnicos e estudo de tabelas para a verificação econômica. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Ciências da Terra no Centro Universitário de Formiga – MG e em uma academia.

Primeiramente no laboratório foi realizada uma verificação nos principais requisitos exigidos como: dimensões, identificação, características visuais e sonoridade das telhas. Após as vistorias foram realizados ensaios de determinação da absorção de água, verificação da permeabilidade. Na academia foi realizado o ensaio da determinação da carga de ruptura à flexão adaptado de ambas as telhas. E por fim, foi realizado um estudo de tabela com objetivo de verificar a viabilidade econômica das telhas.

## **5.2.1 Verificação de requisitos**

Primeiramente foram realizadas verificações nos principais requisitos exigidos pela norma como: dimensões, identificação, características visuais e sonoridade de ambas as telhas.

### **5.2.1.1 Identificação**

Na verificação da telha cerâmica paulista observou-se consta os dados gravados em relevo ou reentrância com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o seu uso.

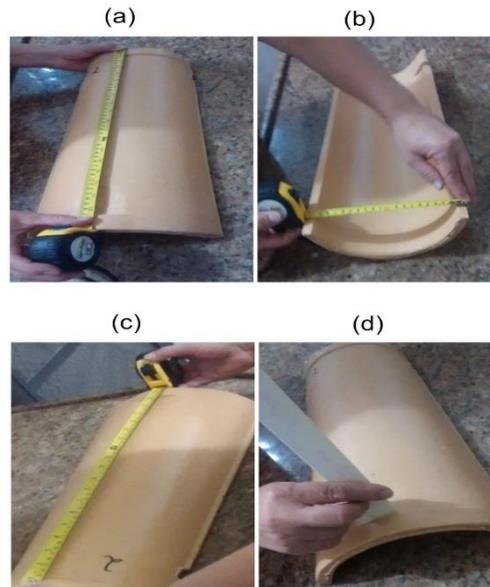
Verificou-se também se a telha possui os seguintes dados: identificação do fabricante, do município e do estado da federação; modelo; rendimento médio ( $R_m$ ), expresso em telhas por metro quadrado, com uma casa decimal, com a gravação  $T/m^2$ ; largura de fabricação ( $L$ ) x comprimento de fabricação ( $C$ ) x posição do pino ( $L_p$ ); galga média ( $G_m$ ), expressa em centímetros, com uma casa decimal. A posição do pino é exigência somente nas telhas canais, devido às telhas capas não as possuírem. Outra exigência é a especificação de uso (capa ou canal), esta exigência de uso é somente para o tipo de telha simples de sobreposição.

Para a verificação de identificação da telha de concreto necessita somente de possuir, de forma inapagável, a identificação do fabricante.

### **5.2.1.2 Dimensões**

Nessa verificação se observou as seguintes características dimensionais básicas da telha cerâmica e de concreto como: comprimento efetivo ( $C$ ), largura efetiva ( $L$ ), posição do pino ( $L_p$ ) e altura do pino ( $H_p$ ). Nas telhas capas foram medidas somente o comprimento efetivo e largura efetiva, devido essas não possuírem pinos. E as telhas de concreto tiveram a posição e altura do furo medidas devido estas não possuírem pino. A FIG. 24 mostra a telha cerâmica paulista sendo mensurada.

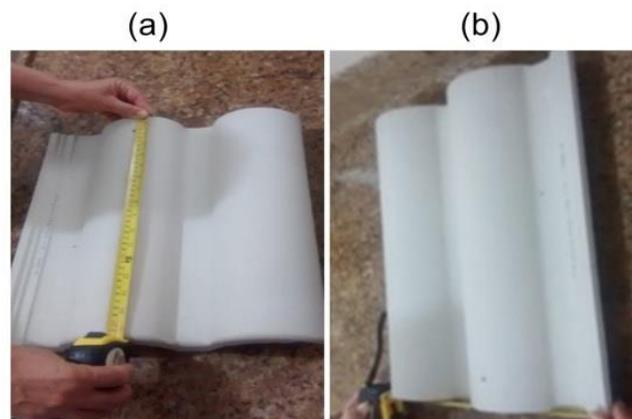
Figura 24 - Mensurações da telha cerâmica paulista: a) comprimento efetivo, b) largura efetiva, c) posição do pino, d) altura do pino.



Fonte: O autor (2017).

As telhas foram dispostas em uma superfície plana e a medição foi realizada com auxílio de uma trena métrica juntamente com uma régua graduada e efetuada no sentido transversal e longitudinal, sempre na maior dimensão da telha. A telha de concreto teve somente o comprimento e largura verificados. A FIG. 25 mostra a aferição de medidas da telha de concreto clássica.

Figura 25 - Mensurações da telha de concreto clássica: a) comprimento efetivo, b) largura efetiva



Fonte: O autor (2017).

### 5.2.1.3 Características visuais

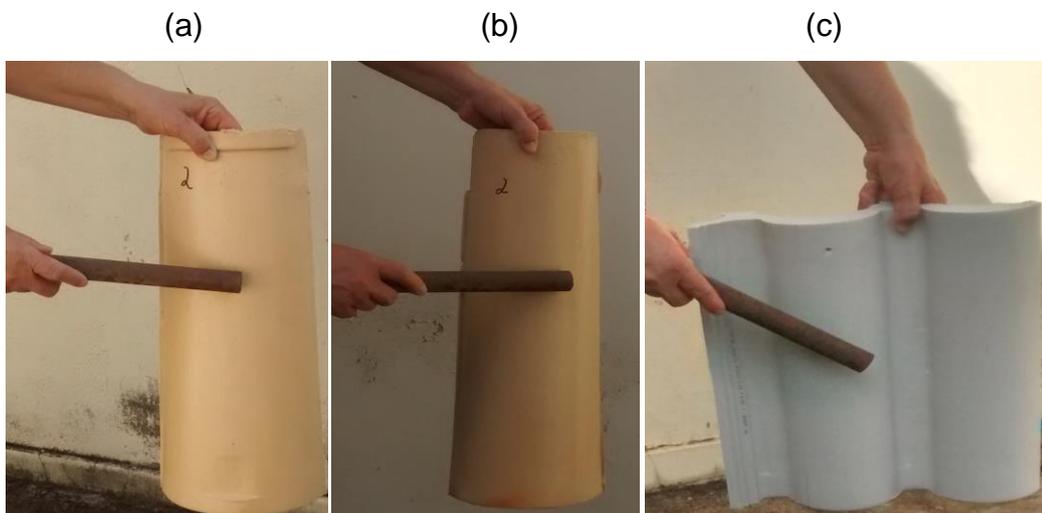
Para a verificação das características visuais da telha cerâmica paulista foi observado se as telhas apresentam ocorrências como esfoliações, quebras, lascados e rebarbas que possam comprometer seu desempenho. Também são admissíveis nas telhas ocasionais riscos, escoriações e raspagens geradas por atrito durante sua fabricação, embalagem ou transporte.

Já na verificação das características visuais da telha de concreto foi observado se as telhas apresentam defeitos como: fissuras na superfície, bolhas, esfoliações, desagregações, quebras e rebarbas. Fissuras superficiais, na face inferior da telha, as quais são causadas pelo método de produção, como também riscos e abrasões ocasionados por embalagem ou transporte, são admissíveis desde que não prejudiquem seu desempenho.

### 5.2.1.4 Sonoridade

Na verificação de sonoridade segurou se ambas as telhas por uma extremidade e com um objeto metálico qualquer bateu se na telha do lado oposto. Para estar em conformidade à telha deverá apresentar um som semelhante ao metálico. A FIG. 26 mostra o ensaio de sonoridade.

Figura 26 - Ensaio de sonoridade: a) telha cerâmica paulista canal, b) telha cerâmica paulista capa), c) telha de concreto clássica



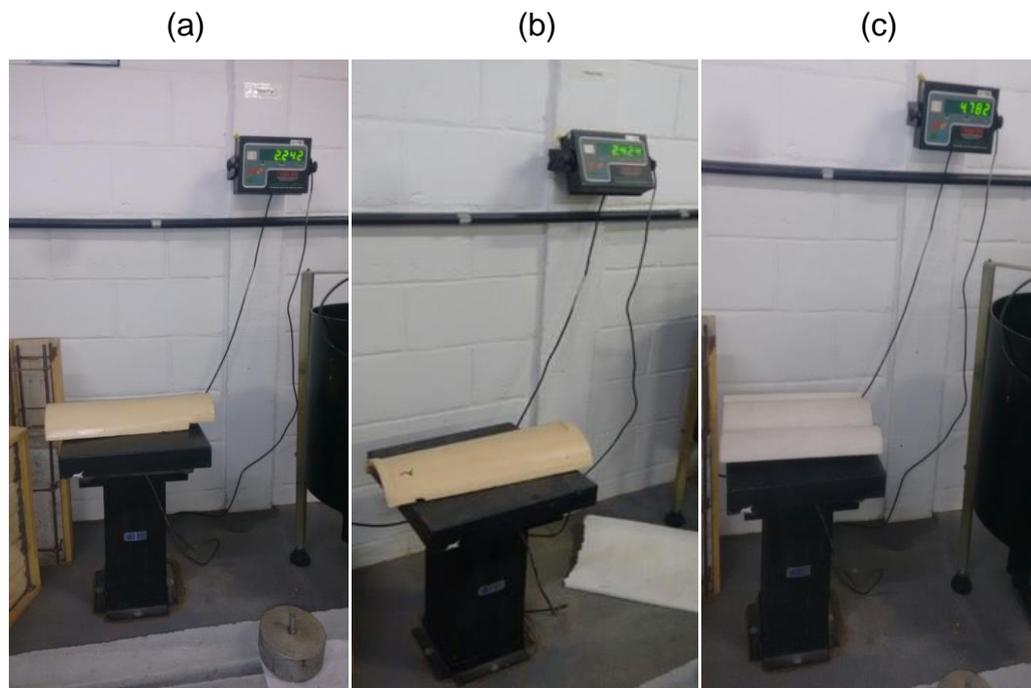
Fonte: O autor (2017).

### 5.2.2 Determinação da absorção d'água

O ensaio realizado consistiu na determinação da massa seca ( $M_s$ ) e da absorção d'água (AA). Ambas as telhas de concreto e cerâmica possuem o mesmo método de determinação da absorção d'água.

Para a determinação da massa seca ( $M_s$ ) primeiramente, foi retirado do corpo-de-prova (telha) o pó e outras partículas soltas. A massa da telha seca foi medida com auxílio de uma balança de precisão (FIG. 27).

Figura 27 – telha seca no momento de sua pesagem: a) telha cerâmica capa, b) telha cerâmica canal, c) telha de concreto



Fonte: O autor (2017).

Após a determinação da massa seca ( $M_s$ ), o corpo-de-prova foi colocado em um tanque, preenchido com água à temperatura ambiente, de modo a mantê-lo totalmente imerso durante 24 h (FIG. 28); o corpo-de-prova saturado foi removido e colocado na vertical, para permitir o escoamento do excesso de água e a água remanescente foi removida com o auxílio de um pano limpo e úmido.

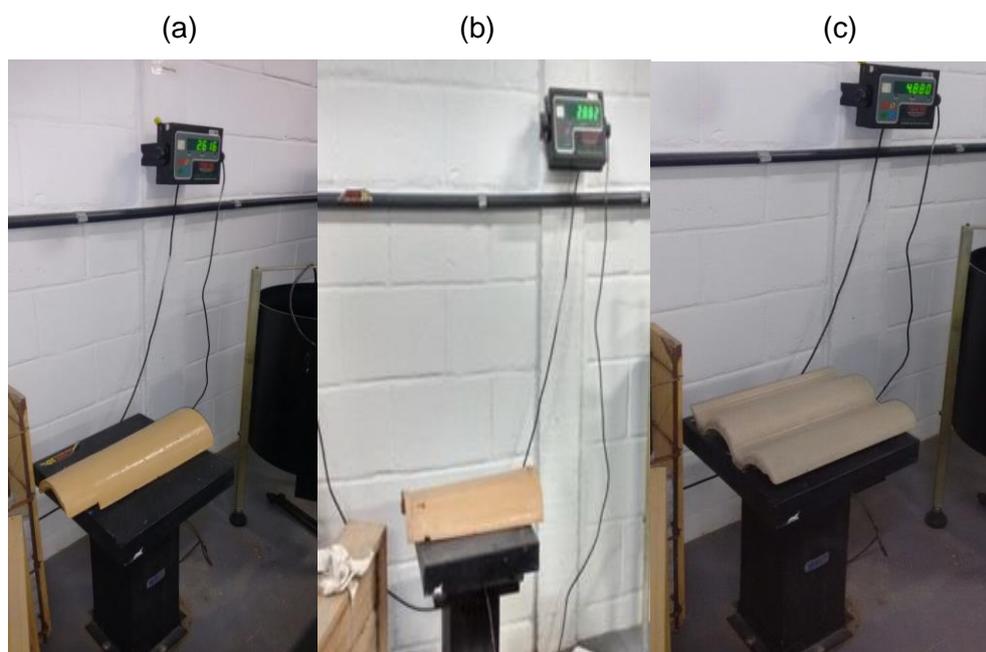
Figura 28 - Telhas imersas na água



Fonte: O autor (2017)

Após esse processo a massa úmida ( $M_u$ ) foi determinada pela pesagem da telha saturada e anotada em gramas (FIG. 29).

Figura 29 - Telha molhada no momento da pesagem: a) telha cerâmica capa, b) telha cerâmica canal, c) telha de concreto.



Fonte: O autor (2017)

O índice de absorção d'água (AA) do corpo-de-prova foi determinado pela Equação 1, especificada na NBR 15310 (ABNT, 2009).

(1)

$$A = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

onde, A é absorção de água

Mu é a massa da amostra inicial úmida, em quilogramas;

Ms é a massa da amostra seca, em quilogramas.

O limite máximo admissível da absorção de água segundo as normas é de 20% para a telha cerâmica e de 6% para a telha de concreto.

### **5.2.3 Verificação da impermeabilidade**

O método de ensaio para a verificação da impermeabilidade em telhas cerâmicas consiste na verificação da quantidade de água que passa ou não através da espessura da telha quando a superfície superior da telha é submetida por um determinado tempo a uma pressão constante de água.

Uma moldura estanque à água, com cobrimento maior que 65% da área determinada pelo comprimento e largura totais da telha foi aplicada envolta da telha cerâmica com selante. Essa moldura foi posta sobre dois apoios e um espelho foi colocada embaixo destes apoios de acordo com as indicações da FIG. 30. A seguir foi preenchida com água suficiente para que uma coluna de água se forme. O corpo-de-prova foi submetido à pressão da coluna d'água durante 24 h. A presença de marcas de água na superfície do espelho em qualquer momento indicou a permeabilidade do corpo-de-prova.

A telha não deve exibir vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, mas é aceitável o aparecimento de manchas de umidade. O resultado do ensaio de verificação da impermeabilidade consiste em duas possibilidades se é impermeável ou permeável à água.

Figura 30 - Ensaio de impermeabilidade da telha cerâmica



Fonte: O autor (2017).

Para as telhas de concreto o ensaio realizado tem como princípio verificar a permeabilidade através da pressão de coluna d'água, conforme critérios estabelecidos pela NBR 13858-2 (ABNT, 2009).

O corpo-de-prova foi colocado em posição horizontal e um tubo de diâmetro de 40 mm foi apoiado na vertical sobre a telha, na região do canal da superfície que fica exposta às intempéries. A união do tubo com a telha foi vedada com selante adequado. Logo em seguida o tubo foi preenchido com água, até formar uma coluna de 250 mm. Após 24 horas em repouso a telha foi retirada para que fosse verificado se houve passagem de água através dessa. O resultado consta se houve ou não vazamento, formação de gotas aderentes e aparecimento de manchas de umidade. A FIG. 31 mostra como foi realizado o ensaio de impermeabilidade da telha de concreto.

Figura 31 - Ensaio de impermeabilidade da telha de concreto



Fonte: O autor (2017).

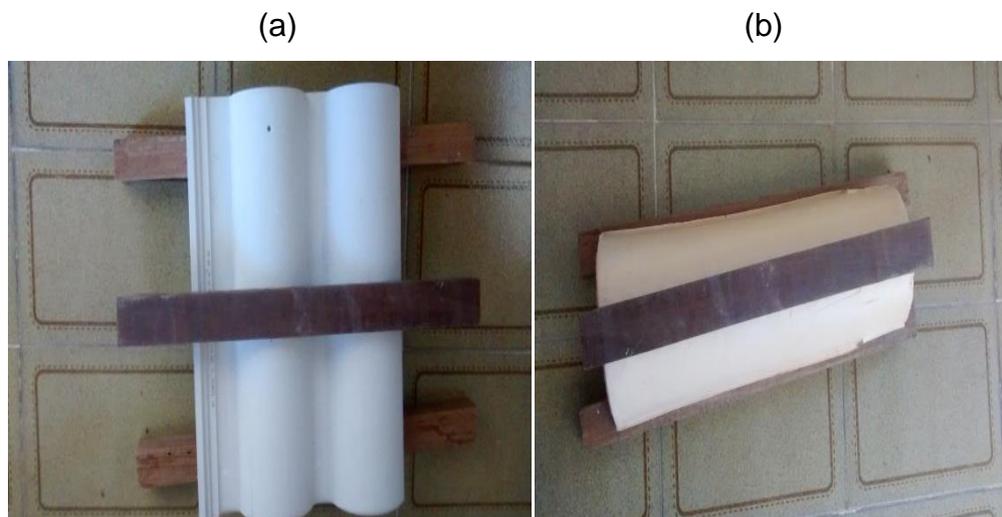
#### 5.2.4 Determinação da carga de ruptura à flexão simples adaptado

Como não se encontrou um dispositivo específico de acordo que a norma pede para se realizar este ensaio, foi necessário fazer uma adaptação.

Para a execução do ensaio as telhas foram imersas em água à temperatura ambiente por 24 h. Após o fim do período de imersão, o excesso de água das telhas foi retirado com o auxílio de um pano limpo e úmido.

Primeiramente foi colocado dois apoios de madeira de seção transversal retangular no chão com largura de 3 cm e altura também 3 cm. As telhas foram colocadas em cima destes apoios de madeira. Na face superior das telhas foi colocado uma madeira de 4,5 cm de largura, 2 cm de altura e comprimento maior que a telha de modo a distribuir a carga para toda telha. O objetivo do ensaio foi simular uma pessoa em pé em cima de um telhado analisando assim o quanto de carga que cada telha suporta. O sistema montado para analisar a telha de concreto foi da mesma maneira que as telhas ficam dispostas sobre a estrutura de madeira do telhado conforme exigência da NBR 13858-2 (ABNT, 2009). O sistema da telha cerâmica segundo a NBR 15310 (ABNT, 2009) é feito com a telha colocada longitudinalmente sobre os apoios. A FIG. 32 mostra o sistema montado para os dois tipos de telhas.

Figura 32 – Sistema montado para romper a telha: a) cerâmica paulista, b) de concreto clássica.



Fonte: O autor (2017)

Após a montagem do sistema foi se colocando pesos de academia sobre este sistema conforme mostra a FIG. 33.

Figura 33 – Peso de academia sobre a telha de concreto



Fonte: O autor (2017).

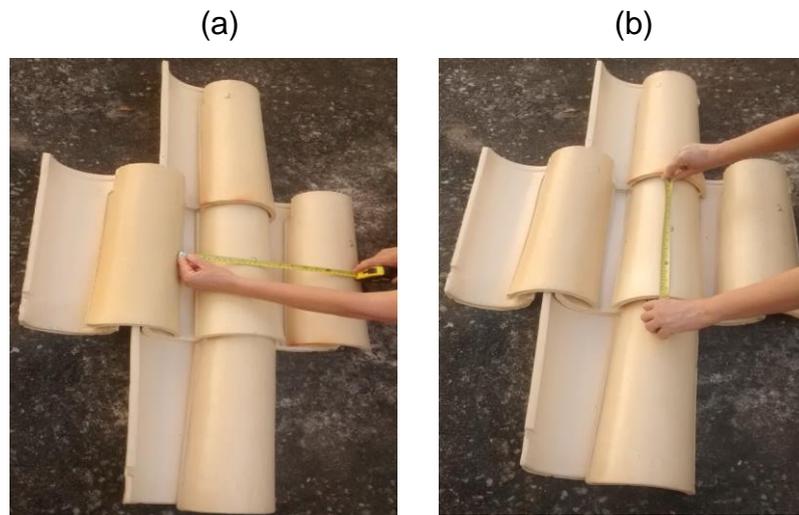
Os pesos foram colocados de 25 em 25 quilos até chegarem em 300 quilos. Após os 300 quilos colocou-se mais 200 quilos de peso com 10 pesos de 20 quilos, somando se 500 kg. Após os 500 quilos colocou-se mais pesos com 15 kg cada um e anotou-se a quantidade de quilos necessária para se romper cada telha ensaiada.

### 5.2.5 Rendimento médio

O rendimento médio da telha cerâmica paulista foi calculado de acordo com a NBR 15310 (ABNT, 2009), medindo a largura útil e comprimento útil mínimo e máximo em 5 conjuntos capa e canal, alterando a telha central 4 vezes e fazendo uma média das medidas

Calculou-se a área útil média multiplicando a largura média pelo comprimento médio. Dividiu se um 1 m<sup>2</sup> pelo valor encontrado da área útil, esse valor foi então multiplicado por 2, para encontrar o número de telhas, capa e canal, determinando assim o rendimento médio em telhas por m<sup>2</sup>. Foi verificado também se houve uma variação superior ao que a norma determina. A FIG. 34 mostra como foi feita a execução do ensaio.

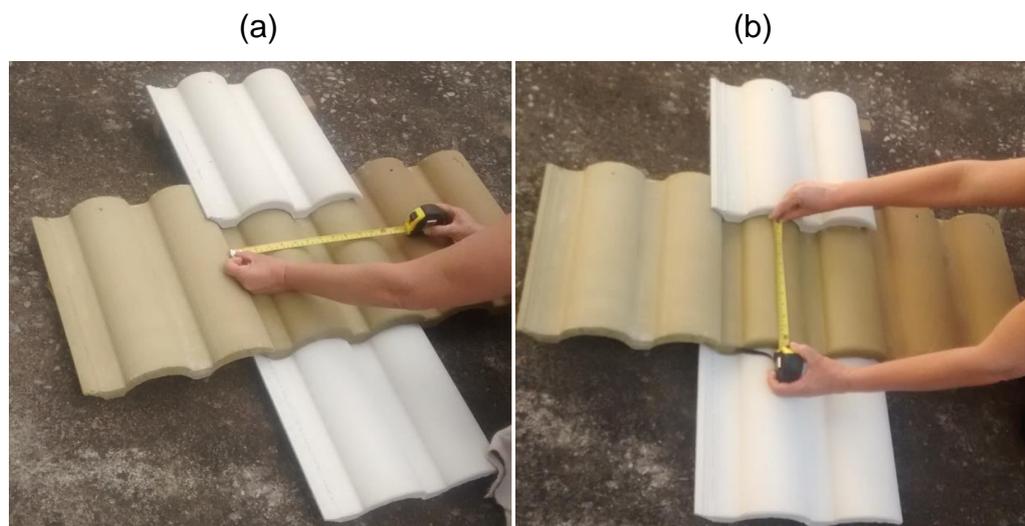
Figura 34 – Telha cerâmica: a) Mensuração da largura útil, b) Mensuração do comprimento útil.



Fonte: O autor (2017).

Para a execução do ensaio do rendimento médio da telha de concreto (FIG. 35) foi feito de acordo com o da telha cerâmica paulista, mas utilizando somente uma largura útil, pois a sobreposição lateral é fixa devido seu encaixe e também utilizou-se um único comprimento útil devido a sobreposição longitudinal mínima ser 10 cm de acordo com a NBR 13858-2 (ABNT, 2009).

Figura 35 – Telha de concreto: a) Mensuração da largura útil, b) Mensuração do comprimento útil.



Fonte: O autor (2017).

### 5.2.6 Análise da viabilidade econômica

Para realizar a comparação da viabilidade econômica da telha cerâmica paulista em relação à telha de concreto clássica foram utilizadas tabelas de composições de preços. A TAB. 1 demonstra a quantidade de insumos e a mão de obra empregada para a execução de 1 m<sup>2</sup> de telhado com as duas telhas.

Tabela 1 - Composição de custo de 1 m<sup>2</sup> de telhado com a utilização da telha cerâmica paulista e da telha de concreto clássica.

Componentes	Unidade	Consumo médio	Custo médio (R\$)	Custo total (R\$)
Ajudante de carpinteiro	h	1,25	4,82	6,025
Carpinteiro	h	1,25	6,86	8,575
Estrutura de madeira para telha cerâmica ou de concreto, vão de 3 a 7 m	m <sup>2</sup>	1	130,64	130,64
Telha cerâmica paulista	un	20	1,43	28,6
Telha de concreto clássica	un	10,5	3,27	34,335

Fonte: TCPO (2012) e PINI (2017), adaptado.

A partir da composição realizada foi possível determinar o custo total para a construção de 1 m<sup>2</sup> de telhado utilizando ambas as telhas (TAB. 2).

Tabela 2 - Custo total para obtenção de 1 m<sup>2</sup> de telhado

Tipo de telhado	Custo total (R\$)
Telha cerâmica paulista	173,84
Telha de concreto clássica	179,575

Fonte: O autor (2017).

Para realizar a análise econômica das telhas, foi utilizado um parâmetro de comparação com um telhado de 50 m<sup>2</sup>. A estrutura de madeira do telhado optou-se por fazer o mesmo madeiramento para ambas às telhas devido as divergências sobre o uso do madeiramento correto e também por variar segundo cada dimensionamento. A quantidade de mão de obra utilizada também foi a mesma.

## 6 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 6.1 Verificação da identificação

As telhas cerâmicas paulista foram analisadas e de acordo com a TAB. 3 fica evidenciado que as telhas capas possuem todas as identificações exigidas enquanto que as telhas canais não possuem nenhum tipo de identificação.

Tabela 3 - Resultados da verificação da identificação da telha cerâmica paulista

Identificação	Telha capa			Telha canal		
	1	2	3	1	2	3
Fabricante	S	S	S	N	N	N
Município	S	S	S	N	N	N
Estado	S	S	S	N	N	N
Modelo	S	S	S	N	N	N
Rendimento médio	S	S	S	N	N	N
Largura de fabricação	S	S	S	N	N	N
Comprimento de fabricação	S	S	S	N	N	N
Galga média	S	S	S	N	N	N
Especificação de uso	S	S	S	N	N	N

Legenda: S - Sim, Consta gravado na telha em relevo ou reentrância com caracteres de no mínimo 5 mm de altura.

Legenda: N - Não, Não consta gravado na telha em relevo ou reentrância com caracteres de no mínimo 5 mm de altura.

Fonte: O autor (2017).

Na identificação da telha de concreto verificou-se que a mesma possui a identificação do fabricante conforme determina a norma. Também se observou que a telha de concreto possui mais dados que a NBR 13858-2 (ABNT, 2009) determina. A telha de concreto sai de fabricação com os seguintes dados: modelo; rendimento

médio (Rm), expresso em telhas por metro quadrado, com uma casa decimal, com a gravação T/m<sup>2</sup>; largura de fabricação (L) x comprimento de fabricação (C) x posição do furo de amarração (Lp); galga média (Gm), expressa em centímetros, com uma casa decimal. Todas as telhas analisadas vieram com estes dados gravados na telha.

## 6.2 Sonoridade

Analisando a TAB. 4 percebe-se que todas as telhas cerâmicas paulistas estão de acordo com o ensaio de sonoridade, ou seja, ao ser percutida a telha apresenta um som metálico.

Tabela 4 – Resultado da verificação da sonoridade da telha cerâmica paulista.

Verificação	Telha capa			Telha canal		
	1	2	3	1	2	3
Sonoridade	S	S	S	S	S	S

Legenda: Sim, está de acordo com a NBR 15310.

Fonte: O autor (2017).

A telha de concreto também está conforme as exigências da norma apresentando um som semelhante ao metálico. A TAB. 5 mostra os resultados do ensaio da telha de concreto.

Tabela 5 – Resultado da verificação da sonoridade da telha de concreto.

Verificação	Corpo de prova		
	1	2	3
Sonoridade	S	S	S

Legenda: Sim, está de acordo com a NBR 13858-2.

Fonte: O autor (2017).

### 6.3 Características visuais

As telhas cerâmicas paulista foram analisadas um a um na inspeção das características visuais. A TAB. 6 indica que as telhas não apresentaram algum tipo de esfoliação, quebra, lascado ou rebarba que possa prejudicar seu desempenho.

Tabela 6 – Resultado da verificação das características visuais

Verificação	Telha capa			Telha canal		
	1	2	3	1	2	3
Características visuais	S	S	S	S	S	S

Legenda: Sim, está de acordo com a NBR 15310.

Fonte: O autor (2017).

A telha de concreto de acordo com a TAB. 7 também está de acordo com a norma estabelecida.

Tabela 7 – Resultado da verificação das características visuais da telha de concreto

Verificação	Corpo de prova		
	1	2	3
Características visuais	S	S	S

Legenda: Sim, está de acordo com a NBR 13858-2.

Fonte: O autor (2017).

### 6.4 Verificação das dimensões

A NBR 15310 (ABNT, 2009) restringe às variações dimensionais a  $\pm 2,0\%$ . Os resultados descritos nas TAB. 8 indicam que as 3 telhas capas cumpriram os limites dimensionais estabelecidos por norma.

Tabela 8 – Resultado das características dimensionais das telhas capa.

Corpo de prova	Comprimento de fabricação (C) (cm)	Comprimento de fabricação (cm)	$\Delta$ (%)	Largura efetiva (L) (cm)	Largura de fabricação (cm)	$\Delta$ (%)
1	49	49,5	-1	17,9	18	-0,55
2	49,1	49,5	-0,8	17,9	18	-0,55
3	49,2	49,5	-0,6	18	18	0

Fonte: O autor (2017).

As telhas canais também têm limite dimensional de  $\pm 2,0\%$  e a altura do pino deve ter uma altura mínima de 7,0 mm. De acordo com a TAB. 9 as características dimensionais comprimento e largura de todas as telhas canais estão conformes à norma estabelece.

Tabela 9 – Resultado das características dimensionais das telhas canal: comprimento e largura.

Corpo de prova	Comprimento de fabricação (C) (cm)	Comprimento de fabricação (cm)	$\Delta$ (%)	Largura efetiva (L) (cm)	Largura de fabricação (cm)	$\Delta$ (%)
1	49,6	49,5	0,2	20,9	21	-0,48
2	49,5	49,5	0	21	21	0
3	49,5	49,5	0	20,8	21	-0,95

Fonte: O autor (2017).

A TAB. 10 mostra que as características dimensionais posição do pino e altura também estão conformes à norma estabelece.

Tabela 10 – Resultado das características dimensionais das telhas canal: posição e altura do pino.

Corpo de prova	Posição pino (LP) (cm)	Posição do pino fabricação (cm)	$\Delta$ (%)	Altura do pino (Hp) (cm)
1	47	47	0	0,7
2	47	47	0	0,7
3	46,8	47	-0,42	0,7

Fonte: O autor (2017).

Para a telha de concreto foi realizado a verificação de dimensões comprimento e largura conforme mostra a TAB. 11. Os resultados indicam que as telhas estão de acordo com as exigências da norma.

Tabela 11 – Resultado das características dimensionais da telha de concreto

Corpo de prova	Comprimento de fabricação (C) (cm)	Comprimento de fabricação (cm)	$\Delta$ (%)	Largura efetiva (L) (cm)	Largura de fabricação (cm)	$\Delta$ (%)
1	42	42	0	32,7	33	-0,91
2	42	42	0	33,1	33	0,3
3	41,9	42	-0,24	32,9	33	-0,3

Fonte: O autor (2017).

### 6.5 Ensaio de absorção de água

Os resultados do ensaio de absorção de água da telha cerâmica paulista estão expressos na TAB. 12, onde se observa que os 6 corpos de prova estão conformes as exigências da norma, que é de 20%.

Tabela 12 – Resultado do ensaio de absorção de água.

Corpo de prova	Massa seca (Ms) telha capa (g)	Massa úmida (Mu) telha capa (g)	Absorção de água (AA) telha capa (%)	Massa seca (Ms) telha canal (g)	Massa úmida (Mu) telha canal (g)	Absorção de água (AA) canal (%)
1	2242	2616	16,68	2300	2758	19,91
2	2220	2580	16,22	2428	2884	18,78
3	2246	2678	19,23	2424	2882	18,89

Fonte: O autor (2017).

A absorção ou infiltração de água em excesso reduz a resistência mecânica da telha o que representa um risco para a segurança do usuário, que pode sofrer algum acidente em caso de tentar fazer alguma manutenção. Além disso, o excesso de água aumenta a carga sobre a estrutura de madeira que suporta as telhas, ocasionando, portanto, risco de desabamento. (BISPO, 2009).

O ensaio de absorção de água simula o comportamento da telha cerâmica quando exposta às variações climáticas como a chuva. Os resultados indicam que as telhas analisadas não absorvem água acima do limite máximo exigido pela norma. A TAB. 13 mostra o resultado do ensaio da telha de concreto. Os resultados indicam que a telha de concreto está dentro do limite de 6% exigido pela norma.

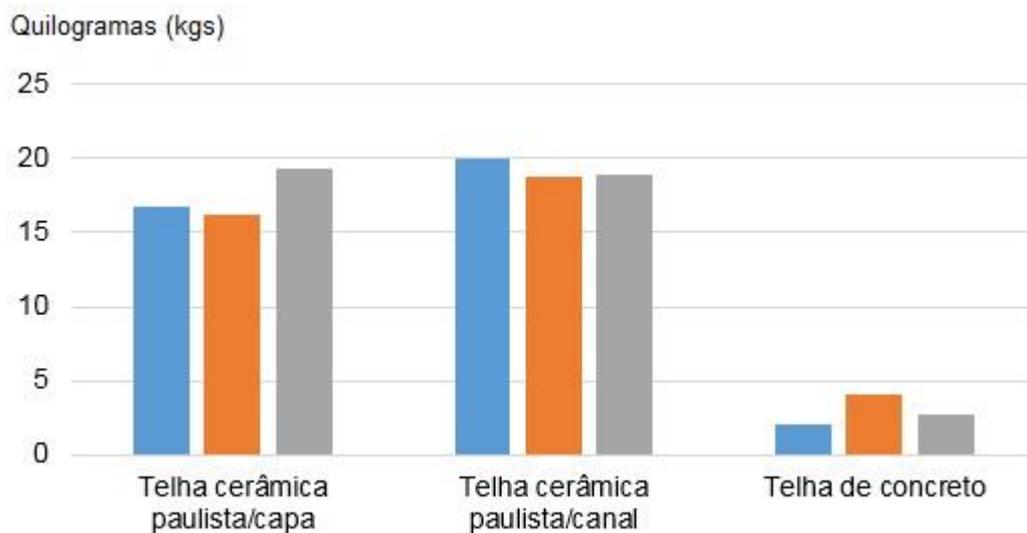
Tabela 13 – Resultado do ensaio de absorção de água da telha de concreto.

Corpo de prova	Massa seca (Ms) (g)	Massa úmida (Mu) (g)	Absorção de água (AA) (%)
1	4782	4880	2,05
2	4724	4914	4,02
3	4758	4886	2,7

Fonte: O autor (2017).

O GRAF. 1 mostra o comparativo das telhas utilizadas no ensaio de determinação de absorção d'água.

Gráfico 1 – Comparativo do ensaio de absorção d'água



Fonte: O autor (2017).

## 6.6 Impermeabilidade

Para o ensaio de impermeabilidade da telha cerâmica paulista observou-se que depois de 24 horas a superfície das 6 telhas não tinham nenhuma presença de

marca de água em suas superfícies, sendo assim as telhas são consideradas impermeáveis. De acordo com os resultados do ensaio de impermeabilidade da TAB. 14 as telhas estão de acordo com a norma.

Tabela 14 – Resultado do ensaio de impermeabilidade da telha cerâmica paulista.

Presença de marcas de água na superfície do espelho / capa	Presença de marcas de água na superfície do espelho / canal	Condição da telha / capa	Condição da telha / canal
Sem presença	Sem presença	Impermeável	Impermeável
Sem presença	Sem presença	Impermeável	Impermeável
Sem presença	Sem presença	Impermeável	Impermeável

Fonte: O autor (2017).

A telha de concreto após o ensaio não apresentou vazamentos, formação de gotas aderentes e aparecimento de manchas de umidade conforme mostra os resultados da TAB. 15.

Tabela 15 – Resultado do ensaio de impermeabilidade da telha de concreto.

Presença de vazamentos, formação de gotas aderentes e manchas de umidade	Condição da telha
Sem presença	Impermeável
Sem presença	Impermeável
Sem presença	Impermeável

Fonte: O autor (2017).

## 6.7 Ensaio de ruptura a flexão simples adaptado

A TAB. 16 apresenta os resultados do ensaio de ruptura à flexão simples adaptado das telhas cerâmicas paulistas. De acordo com os resultados observou-se que todas as telhas ensaiadas estão conforme a exigência da norma que estabelece um valor de carga mínima de ruptura de 100 Kgf ou 1000 N. Outra observação é que a carga suportada está muito acima do mínimo exigida por norma, cerca de 3 vezes superior.

Tabela 16 – Resultado do ensaio de ruptura da telha cerâmica paulista.

	Carga de ruptura telha capa (Kgf)	Carga de ruptura telha canal (Kgf)
	320	320
	400	275
	300	320
Média	340	305

Fonte: O autor (2017).

A FIG. 36 mostra a telha cerâmica paulista sendo rompida

Figura 36 – Telha cerâmica paulista rompida



Fonte: O autor (2017).

A TAB. 17 mostra os resultados do ensaio da telha de concreto. Pôde-se observar que a telha de concreto possui maior resistência que a telha cerâmica paulista e também cumpre com a norma que limita a carga mínima de ruptura de 270 kg ou 2700N.

Tabela 17 – Resultado do ensaio de ruptura da telha de concreto.

	Carga de ruptura (Kgf)
	615
	530
	600
Média	581,67

Fonte: O autor (2017).

A FIG. 37 mostra o momento em que a telha de concreto foi rompida.

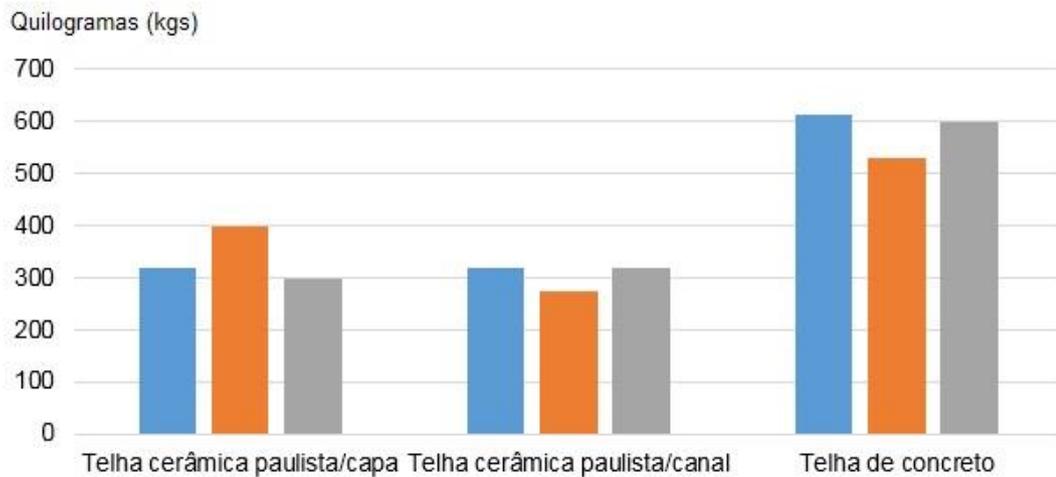
Figura 37- Telha de concreto rompida



Fonte: O autor (2017).

O GRAF. 2 mostra o comparativo das cargas de ruptura entre as telhas ensaiadas.

Gráfico 2 – Comparativo do ensaio de determinação de carga de ruptura



Fonte: O autor (2017).

### 6.8 Rendimento médio

O resultado do ensaio do rendimento médio da telha cerâmica paulista está expresso na TAB. 18.

Tabela 18 – Resultado do ensaio do rendimento médio da telha cerâmica paulista

Conjunto	Cu máximo (m)	Cu mínimo (m)	Cu médio (m)	Lu máxima (m)	Lu mínima (m)	Lu médio (m)	Rendimento médio (telhas/m <sup>2</sup> )
1	0,42	0,415		0,25	0,23		
2	0,421	0,416		0,249	0,23		
3	0,42	0,414	0,4175	0,25	0,23	0,24	20
4	0,419	0,414		0,251	0,231		
5	0,42	0,416		0,25	0,229		

Legenda: Cu: comprimento útil, Lu: largura útil

Fonte: O autor (2017).

Para o ensaio da telha de concreto foi se utilizado somente uma largura útil devido à telha ter encaixes laterais e assim não ser possível ter uma largura diferente e também utilizou se somente um comprimento útil, pois se optou pela sobreposição longitudinal mínima de 10 cm. A TAB. 19 mostra o resultado do ensaio da telha de concreto.

Tabela 19 – Resultado do ensaio do rendimento médio da telha de concreto.

Conjunto	Cu (m)	Cu médio (m)	Lu (m)	Lu médio (m)	Rendimento médio (telhas/m <sup>2</sup> )
1	0,315		0,3		
2	0,316		0,3		
3	0,315	0,315	0,3	0,3	10,5
4	0,315		0,3		
5	0,314		0,3		

Legenda: Cu: comprimento útil, Lu: largura útil

Fonte: O autor (2017).

### 6.9 Viabilidade econômica

A partir dos dados obtidos para a construção de 1 m<sup>2</sup> de telhado, foi feito o cálculo do gasto de cada tipo de telha para uma residência de 50 m<sup>2</sup>, conforme mostra a TAB. 20.

Tabela 20 - Custo de uma residência de 50 m<sup>2</sup> com os dois tipos de telha.

Tipo de telha	Custo para 1 m <sup>2</sup> (R\$)	Custo para 50 m <sup>2</sup> (R\$)
Cerâmica paulista	173,84	8692
Concreto clássica	179,575	8978,75

Fonte: O autor (2017).

O madeiramento utilizado foi o mesmo para ambas as telhas com objetivo de analisar apenas a diferença de preço entre ambas as telhas. Analisando os resultados da TAB. 20, foi possível perceber que a telha de concreto é um pouco mais cara que a telha cerâmica paulista, uma diferença pequena cerca de 3,20% a mais.

A telha de concreto tem seu preço por unidade mais caro que a telha cerâmica paulista, porém seu rendimento é muito maior. A telha de concreto consome 10,5 telhas por m<sup>2</sup> quanto que a telha cerâmica paulista consome 20 telhas por m<sup>2</sup> o que gera diferença no preço final.

## 7 CONCLUSÕES

As verificações foram necessárias para saber se ambas as telhas estavam de acordo com suas normas. O resultado foi satisfatório, ambas as telhas estavam conformes com exceção da telha cerâmica paulista/canal que não possuía identificação com dados gravados na telha.

O ensaio de determinação da impermeabilidade indicou que ambas as telhas após 24 horas em contato com água, não tinham nenhuma presença de marca d'água em sua superfície e nem apresentaram vazamentos ou formação de gotas aderentes. Sendo assim ambas as telhas foram consideradas impermeáveis.

Com relação ao ensaio de absorção de água, notou-se que a telha cerâmica Paulista absorve mais água que a telha de concreto. Essa absorção de água em excesso aumenta o peso sobre a estrutura do telhado podendo ocorrer desabamentos. As telhas de concreto absorvem menos água acrescentando assim menor peso ao telhado quando molhadas.

No teste de carga de ruptura todas as telhas ensaiadas estavam de acordo com a exigência de sua norma. Ambas as telhas romperem com cerca de duas vezes a carga mínima exigida e pôde-se notar que a telha de concreto tem uma resistência maior que a telha cerâmica paulista, garantindo assim maior durabilidade e segurança.

A telha cerâmica paulista é mais barata se comparada à telha de concreto, levando em consideração o mesmo tipo de madeiramento para ambas as telhas. A diferença de preço da telha de concreto observada foi cerca de 3,20% superior à telha cerâmica paulista.

Apesar do preço da telha de concreto ser maior do que da telha cerâmica paulista, ela tem maior rendimento, rendendo cerca de 10,5 telhas por m<sup>2</sup> enquanto que a telha cerâmica paulista rende cerca de 20 telhas por m<sup>2</sup>. O número menor de telhas por m<sup>2</sup> agiliza o processo de execução do telhado.

Em geral, a pesquisa conseguiu atingir seu objetivo, identificando todas as características da telha cerâmica paulista em comparação com a telha de concreto clássica, mostrando os prós e contras de ambas às telhas. Identificou-se também que a telha de concreto leva vantagem em relação a sua concorrente em aspectos como absorção d'água, rendimento médio e resistência mecânica, seu único contra é seu preço que relativamente um pouco maior que a telha cerâmica paulista.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, M. L. **Telhado: aprenda fazer, cuidar e manter**. Disponível em <<http://casa.abril.com.br/materiais-construcao/telhado-aprenda-fazer-cuidar-e-manter/>>. Acesso: 23 maio 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Cerâmica no Brasil - Anuário Brasileiro de Cerâmica**. São Paulo, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13858-1**: Telha de concreto – Parte 1: Projetos e execução de telhados. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13858-2**: NBR 13858-2: Telha de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15310**: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA, **Cartilha ambiental-cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Telhas Cerâmicas - Manual técnico**. Porto Alegre, 2000.
- BASTOS, F. A. **Avaliação do processo de fabricação de telhas e blocos cerâmicos visando a certificação do produto**. 2003. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BISPO, J. O. **Avaliação da Qualidade de Telhas Cerâmicas: Estudo de Caso em Feira de Santana**. 2009. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009. Disponível em: <<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/J%C3%82NIO%20OLIVEIRA%20BISPO.pdf> >. Acesso em: 10 set. 2017.
- CERÂMICA AVANTE, **Dicas: Como montar um telhado**. Disponível em: <<http://www.ceramicaavante.com.br/>>. Acesso em: 16 out. 2017.
- CINTRA, A. D. **Utilização de pneu moído e resíduos na construção na fabricação de telhas de concreto**. 71 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia civil). Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.
- CONSTRUÇÃO E MERCADO – Negócios de Incorporação e Construção. **Regularização fundiária urbana**. PINI, v.70, n. 194, setembro de 2017.
- FERREIRA, J. J. A. **Reabilitação de coberturas em tribunais**. Disponível em: <<http://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/397>>. Acesso: 23 maio 2017.

FAZ FÁCIL REFORMA E CONSTRUÇÃO, **Telhas de concreto**. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/telhas-de-concreto/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

FONSECA, J. F.; FERNÁNDEZ, T. H.; BERNARDIN, A. M. **Manual para a produção de cerâmica vermelha**. Florianópolis: UFSC/SEBRAE, 1994.

GRANATO, J. E. **Patologia das fachadas revestidas de cerâmica e granito**. São Paulo: Viapol, 2005. Notas de aula do curso de patologia das construções.

ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. v. 1.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO, **Manual de conversação de telhados**. Belo Horizonte, 1999.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, **Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – Manual de execução**. São Paulo, 1988.

ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. v. 2.

JÚNIOR, G. B. **Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do Seridó-RN**. 2010. 541 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Universidade Federal do Rio grande do Norte-UFRN, Natal, 2010.

LAJOTEIRO, **Diferença entre telha de cerâmica e concreto**. Disponível em: <<http://www.lajoteiro.com.br/casa-e-construcao/diferenca-entre-telha-de-ceramica-e-concreto/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

LOUZICH, K. M. D. *et al.* **Absortância de telhas cerâmicas novas e deterioradas pela exposição às intempéries: impacto no desempenho térmico das edificações**. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo. Anais... Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016\\_paper\\_632.pdf](http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_632.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2017.

MARION MADEIRAS, **Acabamentos para telhas de concreto**. Disponível em: <<http://www.marionmadeiras.com.br/acabamentos-para-telhas-de-concreto-62-12p>>. Acesso em: 16 out. 2017.

MELLO, M. **Telha de concreto**. Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/telhas-de-concreto/>>. Acesso: 23 maio 2017.

MELO, M. M.; LANNA, C. A. F. Telhas cerâmicas. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 10, n. 58, p. 60-63, jan. 2002.

MELO, M. V. S. **Avaliação do Desempenho de Soluções Estruturais em Aço para Telhados Coloniais**. 2011. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, Ouro Preto, 2011.

MONTEIRO, C. M. O. L. **Influência da gipsita no surgimento de eflorescência em telhas cerâmicas**. 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

OLIVEIRA, F. E. M. de. **Acompanhamento da produção industrial em cerâmica da microrregião do vale do Assu: Estudo de caso**. 2011. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia)-Universidade Federal Rural do Semi-Árido –UFERSA, Angicos, 2011.

RIBEIRO, C. C. *et al.* **Materiais de construção civil**. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção**. São Paulo: Pini, 1995.

SANTOS, A. **Telha de concreto supera tabus e vendas crescem**. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/telha-de-concreto-supera-tabus-e-vendas-crescem/>>. Acesso: 23 maio 2017.

SANTOS, G. M. dos. **Estudo do comportamento térmico de um forno túnel aplicado à indústria de cerâmica vermelha**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 2001.

SANTOS, I. S. S.; SILVA, N. I. W. **Manual de cerâmica vermelha**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

SILVA, B. G. T. da *et al.* **Análise dos problemas de uma indústria de telha de concreto: Aplicação da etapa planejar do MASP**. In: XXXV ENCONTRO

NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, Fortaleza. Anais...

Disponível em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_207\\_228\\_28051.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_228_28051.pdf)>.

Acesso em: 08 out. 2017.

SILVA, F. B. da. **Execução de telhado com telha de concreto**. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacaoconstrucao/107/artigo299055-2.aspx>>. Acesso: 23 maio 2017.

SOUZA, M. F. de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008, 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em construção civil)-Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte, 2008.

TCPO. **Tabelas de composição de preço para orçamentos**. 14.ed – São Paulo. PINI, 2012.

TÉGULA, **Galeria de fotos**. Disponível em <<http://www.tegula.com.br/site/galeria-de-fotos/>>. Acesso em: 16 out. 2017.

TELHACOL, **Diferença ente telhas de concreto x esmaltadas e natural**. Disponível em: <<http://www.telhacol.com.br/diferencas.php>>. Acesso em: 08 out. 2017.

TOMAZETTI, R.R. **Análise da produção de cerâmica vermelha da região central do estado do Rio Grande do Sul**. 2003. 207 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

VALCARENGHI, C.; PIOVESAN, A. Z. **Análise das propriedades físicas e mecânicas nas telhas de concreto fabricadas na cidade de Herval d´Oeste**. Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 19-30, jan./jun. 2011.

VERÇOZA, E. J. **Materiais de construção**. Porto Alegre: Editora Meridional EMMA, 1975. 153p.