

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LÁZARA CAROLINE BRANDÃO DE CARVALHO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TELHAS CERÂMICAS COMERCIALIZADAS
NA CIDADE DE JATAÍ-GO, CONFORME A NBR 15310/2009

Jataí
2023



INSTITUTO FEDERAL

Goiás

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lázara Caroline Brandão de Carvalho

Matrícula: 20201020260318

Título do Trabalho: Avaliação da qualidade de telhas cerâmicas comercializadas na cidade de Jataí-GO, conforme a NBR 15310/2009.

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumprir quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí-GO, 17/01/2024.

Local

Data

Lázara Caroline B. de Carvalho

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

LÁZARA CAROLINE BRANDÃO DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TELHAS CERÂMICAS COMERCIALIZADAS
NA CIDADE DE JATAÍ-GO, CONFORME A NBR 15310/2009**

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Me. Jerônimo Otoni de Carvalho Neto

Jataí
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Carvalho, Lázara Caroline Brandão de.

Avaliação da qualidade de telhas cerâmicas comercializadas na cidade de Jataí-GO, conforme a NBR15310/2009 [manuscrito]/ Lázara Caroline Brandão de Carvalho. - Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2023.

76 f.; il.

Orientador: Prof. Me. Jerônimo Otoni de Carvalho Neto.

Bibliografias.

1. Telha americana. 2. Norma. 3. Qualidade dos materiais. I. Carvalho Neto, Jerônimo Otoni de. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina O. Barbosa – CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F002/2024-1.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

LÁZARA CAROLINE BRANDÃO DE CARVALHO

AValiação DA QUALIDADE DE TELHAS CERÂMICAS COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE JATAÍ-GO CONFORME A NRB 15310/2009

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 30 de novembro de 2023, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Jerônimo Otoni de Carvalho Neto
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Profa. Dra. Marina Augusta Malagoli de Almeida
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Eng. José Joaquim Paz da Silva
Membro Externo
Saneamento de Goiás S.A.

Jataí - GO

Documento assinado eletronicamente por:

- José Joaquim Paz da Silva, José Joaquim Paz da Silva - Outros - Saneago (01616929000102), em 06/12/2023 15:56:23.
- Marina Augusta Malagoli de Almeida, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/12/2023 17:26:43.
- Jeronimo Otoni de Carvalho Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/12/2023 16:59:35.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/11/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 477019

Código de Autenticação: d5a63bdaf3



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3514-9580 (ramal: 9580)

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meus agradecimentos primeiramente a Deus, Aquele que sempre esteve presente em minha vida guiando meus passos e me dando forças para ultrapassar todos os obstáculos durante a minha graduação.

Aos meus pais, Lelise e Demilson, pela educação que me proporcionaram, por terem me apoiado e sempre acreditado em meus sonhos, pela força, pelo amor e cuidado e por me guiarem sempre para os caminhos certos em todos os momentos da minha vida, sem vocês eu não teria conseguido chegar onde estou. Gratidão a vocês que sempre me aconselharam e me deram forças para prosseguir nessa caminhada, vocês são meu alicerce.

A minha irmã Kamille, minha melhor amiga, pela paciência e compreensão em todos esses anos, por ter me incentivado e ajudado de todas as formas possíveis. Também aos meus tios (Deigma e Sebastião), meus avós (Eurênia e Domingos), primos, em especial Millena e Jesiel, e demais familiares, que sempre estiveram me alegrando nos momentos difíceis e que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse ao fim dessa etapa da minha vida.

A minha companheira de vida, Isadora, que acompanhou de perto toda essa caminhada e sempre esteve disposta a me ajudar a enfrentar todos os obstáculos com alegria e leveza. Agradeço por todo apoio, paciência, por todo amor, carinho, e pela compreensão nos meus momentos de ausência.

Aos meus amigos, que sempre estiveram torcendo por mim.

À orientação do Professor Me. Jerônimo Otoni, sou grata por todas contribuições fundamentais, apoio e dedicação ao longo deste trabalho, além da disponibilidade e atenção sempre que necessitei. Também, gostaria de estender meus agradecimentos a todos os professores do Instituto Federal de Goiás, que generosamente compartilharam seus conhecimentos e contribuíram para a minha formação como futura engenheira civil.

Enfim, deixo meus agradecimentos a todos que me apoiaram de alguma forma para concluir mais esta etapa da minha vida!

RESUMO

As telhas cerâmicas representam uma das mais tradicionais formas de cobertura no Brasil. Devido a isso, a NBR 15310/2009 define alguns requisitos dimensionais, físicos e mecânicos para as telhas cerâmicas, a fim de garantir a qualidade do produto final. A proposta do trabalho é uma avaliação das telhas americanas comercializadas na cidade de Jataí-GO e como elas se comportam de acordo com as exigências da norma vigente. Esta verificação foi feita através de diversos ensaios, como: verificação de identificação, características visuais e sonoridade, determinação das dimensões básicas e do rendimento médio, planaridade, retilineidade, verificação da impermeabilidade, carga a ruptura à flexão simples, determinação da galga média, da massa seca e da absorção d'água.

Palavras-chave: Telha Americana. Norma. Qualidade dos materiais.

ABSTRACT

Ceramic tiles represent one of the most traditional forms of roofing in Brazil. Due to this, the NBR 15310/2009 defines some dimensional, physical and mechanical requirements for ceramic tiles, in order to guarantee the quality of the final product. The purpose of the work is an evaluation of American tiles sold in the city of Jataí-GO and how they behave in accordance with the requirements of the current standard. This verification was carried out through several tests, such as: verification of identification, visual and sound characteristics, determination of basic dimensions and average performance, planarity, straightness, verification of impermeability, load at break in simple bending, determination of the average gauge, dry mass and water absorption.

Keywords: American Tile. Standard. Quality of materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esgotamento de recursos.....	19
Figura 2 – Resultados da ACV comparativa de telhas cerâmicas e telhas de concreto	20
Figura 3 – Diferenciação dos tipos e cores das argilas.....	23
Figura 4 – Gráfico da Difração de Raio X.....	25
Figura 5 – Gráfico de uma análise térmica diferencial.....	26
Figura 6 – Gráfico que exemplifica o que é obtido pela termogravimetria.....	27
Figura 7 – Gráfico das curvas DTG e TG.	28
Figura 8 – Fornos do tipo contínuo (Túnel).	33
Figura 9 – Fornos do tipo intermitentes (Abóboda).	34
Figura 10 – Tipos de telhas cerâmicas.....	35
Figura 11 – A medição da largura e do comprimento deve ser feita no local da maior dimensão respectiva.....	38
Figura 12 – Exemplificação esquemática da cota (L_p) que determina a distância da face interna do pino até a extremidade da telha e altura do pino.	39
Figura 13 – Exemplificação de determinação do rendimento médio com telhas composta de encaixe e telha simples de sobreposição.	39
Figura 14 – Exemplificação esquemática da determinação da Planaridade.	40
Figura 15 – Exemplificação esquemática da determinação da Retilidade.	40
Figura 16 – Aparato para avaliação da impermeabilidade	41
Figura 17 – Determinação da galga média	41
Figura 18 – Dispositivos de aplicação de carga.	42
Figura 19 – 30 amostras coletadas do fornecedor.	47
Figura 20 – 30 amostras coletadas do fornecedor.	48
Figura 21 – Informações necessárias gravadas em reentrância.	48
Figura 22 – Algumas escoriações, riscos e esfoliações nas amostras.	49
Figura 23 – Outros tipos de escoriações, riscos e esfoliações nas amostras.	49
Figura 24 – Medição da largura efetiva (L) da telha.	50
Figura 25 – Determinação da posição do pino (L_p).	51
Figura 26 – Medição do comprimento efetivo (C) da telha.	52
Figura 27 – Medição da altura do pino (H_p).	52
Figura 28 – Determinação do rendimento médio (R_m) medindo a largura.....	55

Figura 29 – Determinação do rendimento médio (R_m) medindo o comprimento.	55
Figura 30 – Exemplo de planaridade de um corpo de prova	57
Figura 31 – Execução do ensaio de planaridade na capa da telha	58
Figura 32 – Execução do ensaio de planaridade no canal da telha.....	58
Figura 33 – Determinação da retilineidade no canal da telha americana	60
Figura 34 – Determinação da retilineidade na capa da telha americana	61
Figura 35 – Ensaio para a verificação da impermeabilidade de um dos corpos de prova.....	64
Figura 36 – Manchas de umidade em um corpo de prova.....	65
Figura 37 – Ensaio de ruptura à flexão simples com a aparelhagem necessária.	66
Figura 38 – Disposição dos corpos de prova sobre a estrutura metálica para a realização do ensaio	67
Figura 39 – Pesagem do corpo de prova após a estufa.....	68
Figura 40 – Pesagem do corpo de prova após 24 horas submerso em água.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cargas de ruptura a flexão para cada tipo de telha cerâmica conforme NBR 15310/2009	38
Tabela 2 – Número de telhas amostradas constituintes de um único lote para verificações	43
Tabela 3 – Número de telhas amostradas para verificação da Carga a ruptura à flexão	44
Tabela 4 – Número de telhas amostradas constituintes de um único lote para mais 4 verificações	44
Tabela 5 – Aceitação e rejeição por dupla amostragem na inspeção geral	44
Tabela 6 – Aceitação e rejeição por dupla amostragem na inspeção por ensaios	45
Tabela 7 – Aceitação e rejeição na inspeção por amostragem simples na inspeção por ensaios	45
Tabela 8 – Medições obtidas dos corpos de prova ensaiados para dimensões básicas	53
Tabela 9 – Máximos e mínimos de cada conjunto de medição.	56
Tabela 10 – Resultados obtidos após a realização dos cálculos.	56
Tabela 11 – Determinação da planaridade na capa dos corpos de prova	58
Tabela 12 – Determinação da planaridade no canal dos corpos de prova.	59
Tabela 13 – Resultados da determinação da retilineidade no canal da telha.	61
Tabela 14 – Resultados da determinação da retilineidade na capa da telha.	62
Tabela 15 – Resultados após a realização da verificação da impermeabilidade	64
Tabela 16 – Resultados obtidos no ensaio de ruptura à flexão.	66
Tabela 17 – Resultados obtidos do cálculo da galga mínima, galga máxima e a galga média	68
Tabela 18 – Resultados obtidos das pesagens com 3 horas de estufa	69
Tabela 19 – Resultados obtidos nas pesagens dos corpos de prova úmidos	70
Tabela 20 – Resultados obtidos no cálculo de absorção d'água.	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Dimensões básicas obtidas	53
Gráfico 2 – Determinação da planaridade na capa e no canal.....	59
Gráfico 3 – Dados de retilineidade no canal.....	62
Gráfico 4 – Dados de retilineidade na capa.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Absorção d'água;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida;
AMT	Análise Mecânica Térmica;
ATD	Análise Térmica Diferencial;
A_u	Área útil;
C	Comprimento de fabricação;
cm	Centímetro;
$C_{t\min}$	Comprimento total mínimo;
$C_{t\max}$	Comprimento total máximo;
$C_{u,m}$	Comprimento útil médio;
FR	Ruptura à flexão simples;
g	Gramas;
G_m	Galga média;
$G_{\min}$	Galga mínima;
$G_{\max}$	Galga máxima;
h	Hora;
H_p	Altura do pino;
NBR	Norma Brasileira;

L	Largura de fabricação;
$L_{u,m}$	Largura útil média;
LP	Posição do pino de amarração;
m	Metro;
m^2	Metro quadrado;
mm	Milímetro;
M_s	Massa seca;
M_u	Massa úmida;
N	Newton;
Nm	Nanômetro;
R_m	Rendimento Médio;
TG	Termogravimetria;
T/m^2	Telhas por metro quadrado;
Dp	Determinação da planaridade;
DTG	Termogravimetria Derivada.

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE GRÁFICOS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
LISTA DE SÍMBOLOS	15
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 JUSTIFICATIVA	19
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Objetivo Geral	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1 ARGILAS: TIPOS, COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES	22
2.2 ENSAIOS	24
2.2.1 Difração de Raio X.....	25
2.2.2 Identificação por análise térmica.....	25
2.2.2.1 Análise Térmica Diferencial (ATD).....	26
2.2.2.2 Termogravimetria (TG)	27
2.2.2.3 Termogravimetria Derivada (DTG).....	27
2.2.2.4 Análise Mecânica Térmica (AMT).....	28
2.2.3 Ensaio para a caracterização física da argila.....	28
2.2.3.1 Distribuição granulométrica	28
2.2.3.2 Plasticidade.....	29
2.2.4 Ensaio realizado em corpos de prova	30
2.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PRODUTOS CERÂMICOS – ETAPAS.....	30
2.3.1 Etapa de preparação da matéria-prima	31
2.3.2 Etapa de preparação da massa	31
2.3.3 Etapa de moldagem das peças	32
2.3.4 Processo de secagem	32
2.3.5 Processo de queima e resfriamento	33

2.3.6 NBR 15310/2009	34
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA	43
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	47
4.1 REQUISITOS GERAIS	47
4.1.1 Identificação	48
4.1.2 Características visuais e Sonoridade.....	49
4.2 Determinação dos valores das dimensões básicas.....	50
4.3 Determinação do rendimento médio	54
4.4 Projeto do modelo da telha	56
4.5 Planaridade	57
4.6 Retilidade.....	60
4.7 Verificação da impermeabilidade.....	63
4.8 Carga a ruptura à flexão simples (FR) – Flexão a três pontos.....	65
4.9 Determinação da galga média.....	66
4.10 Determinação da massa seca e da absorção d'Água.....	68
4.10.1 Determinação da massa seca (M_s)	68
4.10.2 Determinação da massa úmida (M_u).....	69
CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO	72
CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS	74

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica é uma das mais antigas do mundo, tendo em vista a facilidade de obtenção da matéria-prima e o processo de fabricação relativamente simples. Os primeiros produtos cerâmicos foram as cestas de vime calafetadas com barro e potes só de barro. A utilização desses materiais é datada no período Neolítico, com o homem pré-histórico (Baueer, 2019).

A telha cerâmica surgiu independentemente em duas partes do mundo: na China, por volta de 10.000 A.C. e no oriente médio pouco tempo depois. Sua utilização espalhou-se pela Europa e Ásia, persistindo até os dias atuais, sendo também levada à América através dos colonizadores europeus, onde foi largamente utilizada desde o século XVII (Grimmer; Willians, 2002 *apud* Bastos, 2003).

O uso de telhas cerâmicas e tijolos maciços no Brasil ocorre desde o descobrimento. Inicialmente as telhas eram conformadas manualmente com mão-de-obra escrava, moldadas em suas próprias pernas. Tal registro pode ser constatado através de antigas peças que apresentam a forma da estrutura óssea humana (Anicer, 2000 *apud* Bastos, 2003).

O Brasil é um dos grandes produtores mundiais de material cerâmico. Entre cerâmicas e olarias são 5.437 empresas e a produção anual de telhas cerâmicas é estimada em 1.869.231.000 de unidades (Anicer, 2023).

Segundo Kazmierczak (2017), um dos critérios mais tradicionais para a classificação das cerâmicas é a cor da massa, que pode ser branca ou vermelha. No caso o presente trabalho terá enfoque nas cerâmicas vermelhas pois é um material que se tem uma grande utilização nas construções civis mesmo ainda sendo fabricadas com métodos antiquados. As telhas cerâmicas vermelhas são provenientes de argilas sedimentares e tem um alto teor de compostos de ferro, o que é responsável pela cor avermelhada após o processo de queima do material.

As telhas cerâmicas vermelhas são conformadas a partir da argila. Para que ocorra o processo de fabricação em si, a argila passa por diversos processos. Hoje, já com a tecnologia mais avançada, são incorporados outros componentes, para assim obter um material de alta qualidade, que terá propriedades que atendam aos requisitos mínimos estabelecidos em norma.

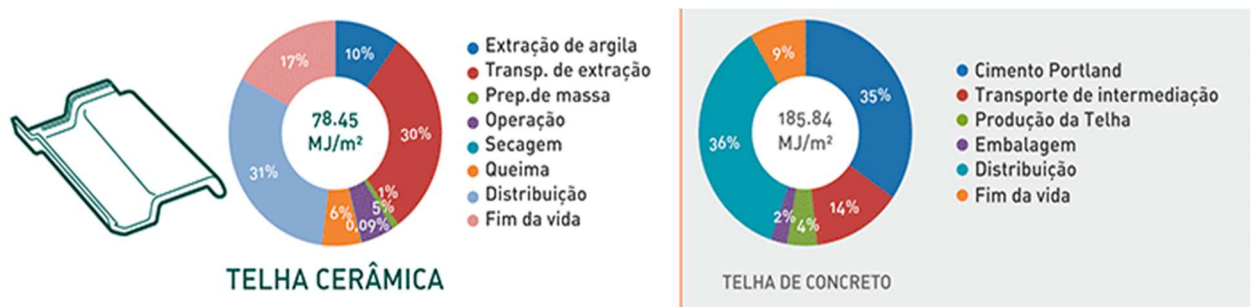
1.1 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa se justifica tendo em vista que o telhado é uma das partes mais importantes de uma construção. É ele que permite um bom isolamento térmico e acústico da edificação. Consequentemente, é a parte mais exposta a agressões dos elementos exteriores. Por isso a importância de se escolher telhas de boa qualidade para garantir uma melhor proteção dos espaços internos das residências, evitando diversas patologias decorrentes das intempéries.

Sendo assim, a norma ABNT NBR 15310/2009 estabelece alguns requisitos exigíveis para telhas cerâmicas. Sendo eles os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos. Também conta com seus diversos métodos de ensaios. Tecnicamente, todo processo de fabricação deveria seguir a norma vigente para que pudessem produzir produtos de boa qualidade para serem comercializados, porém, isso nem sempre acontece. O que resulta em diversos produtos fora dos padrões desejados causando diversos problemas futuros ao consumidor.

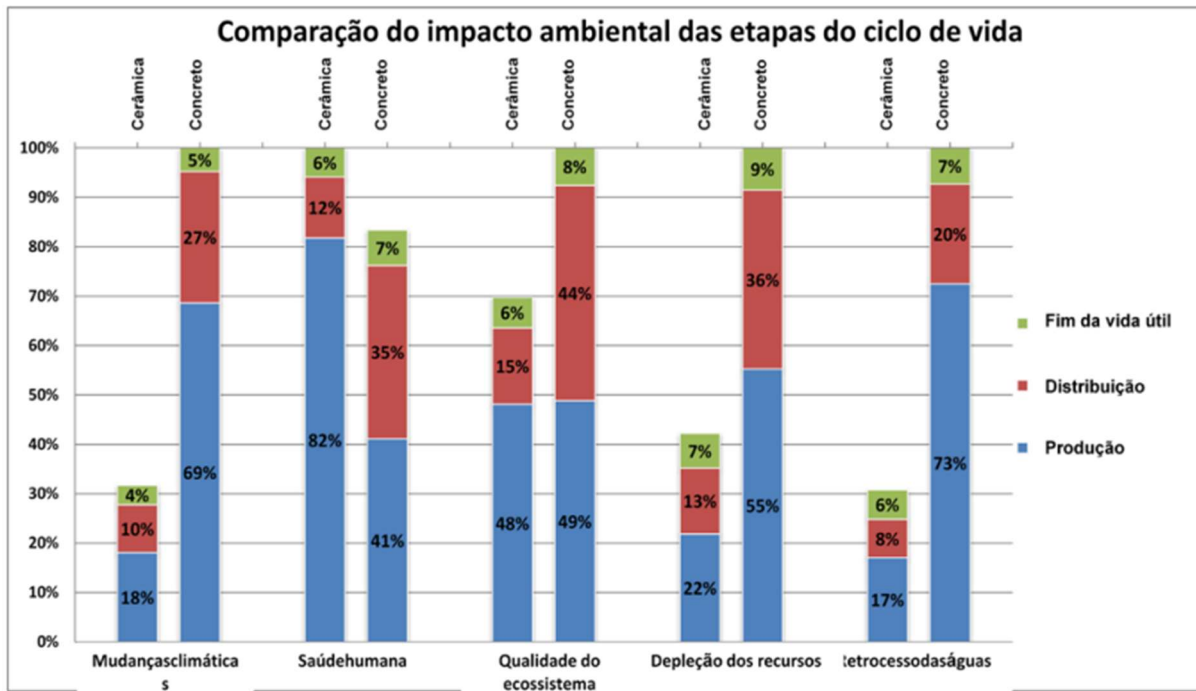
Além disso, quando se faz a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das telhas cerâmicas e das telhas de concreto, suas principais concorrentes, constata-se que o material cerâmico agride menos o meio ambiente. Isto pode ser visto na Figura 1, produzida pela ANICER (2023), que mostra o consumo energético dos dois tipos de materiais. Na Figura 2 é possível ver um resumo comparativo entre estes dois materiais.

Figura 1 – Esgotamento de recursos.



Fonte: ANICER (2023)

Figura 2 – Resultados da ACV comparativa de telhas cerâmicas e telhas de concreto



Fonte: ANICER (2023)

Portanto, avaliar as telhas cerâmicas comercializadas no município de Jataí-GO, segundo a NBR 15310/2009, é de grande importância para determinar a qualidade destes materiais e, em última instância, a qualidade das construções, no que se refere aos telhados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades das telhas americanas comercializadas na cidade de Jataí-GO e fazer a verificação quanto ao atendimento das exigências estabelecidas pela norma NBR 15310/2009.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Estudar e fazer um breve histórico do surgimento da telha cerâmica vermelha, composições, propriedades e tipos de argilas;

- Compreender como é o processo de testes e fabricação das telhas desde o processo da coleta do material.
- Coletar 30 amostras de telhas cerâmicas que são comercializadas no mercado local para análise.
- Investigar junto a NBR 15310/2009 todos os parâmetros determinados pela norma com as amostras coletadas.
- Analisar e fazer um comparativo para determinar quais as telhas atenderam às exigências normativas e que estão aptas a serem comercializadas. Serão citados os locais que foram coletados as amostras das telhas cerâmicas vermelhas como: olaria 1, olaria 2 (...) sem exposição de nomes.

CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA

No Brasil tem-se um consumo de argila em larga escala, fazendo com que a indústria responsável pela fabricação de cerâmica vermelha possua uma grande relevância. Os números de produção de cerâmica vermelha correspondem a 4,8% da indústria de construção civil. São milhares de empresas que consomem cerca de 10.300.000 toneladas de argilas por mês, segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (Anicer, 2016 *apud* Kazmierczak, 2017).

Kazmierczak (2017) afirma que, após a extração das argilas inicia-se o processo de ensaios para a caracterização da matéria-prima e alguns desses processos são feitos antes mesmo de se ter o material cerâmico fabricado. O motivo de se fazer esses testes diretamente na matéria-prima, seria para classificar se ela terá as devidas propriedades para suportar a moldagem, secagem e queima do material cerâmico. Já os outros testes são em corpos de provas, que passarão por todo processo fabricação.

2.1 ARGILAS: TIPOS, COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES

A argila é o componente mais importante dos materiais de cerâmica vermelha e existem diversas variedades dependendo da formação geológica e da localização de sua extração.

As argilas, por sua vez, são rochas constituídas essencialmente por argilominerais, podendo conter misturados em várias proporções outros minerais, os minerais não argilosos, tais como, quartzo, feldspato, mica, calcita, hematita, além da matéria orgânica (Gomes, 1988; Vieira *et al.*, 2005 *apud* Prado, 2011).

Teixeira-Neto (2009) diz que as argilas são comumente definidas como materiais naturais, terrosos, de granulação fina que, quando umedecidos com água, apresentam plasticidade.

Silva (1985) e Petrucci (1975) *apud*. Hagemann (2011/2) citam algumas principais formas de classificação das argilas pela estrutura do material, que são: as argilas de estrutura laminar, que tem seus minerais arranjados em lâminas e são utilizadas para a fabricação de produtos cerâmicos, e estrutura foliácela. Dentre as de estruturas laminares destacam-se:

- Caolinita: são consideradas as mais puras. Se utiliza em materiais de porcelanas, refratários e em cerâmicas sanitárias.

- Montmorilonita: que é um material muito absorvente e raramente utilizada sozinha. É aplicada junto a caolinita para corrigir a plasticidade.
- Micáceas: Utilizada para a fabricação de tijolos.

Na Figura 3 é possível observar a diferença dos tipos de argila e suas colorações.

Figura 3 – Diferenciação dos tipos e cores das argilas.



Fonte: CANOTILHO (2023)

Ainda sobre as classificações, existem as argilas fusíveis, que são aquelas que se deformam a temperaturas abaixo de 1200°C, utilizadas para fabricação de telhas, tijolos e materiais sanitários. As infusíveis são resistentes a altas temperaturas, e são utilizadas na fabricação de porcelana e as refratárias que possuem uma deformação somente acima de 1500°C com baixa condutibilidade térmica e são utilizadas em materiais que precisam resistir ao calor (Hagemann, 2011).

Entre as propriedades que são encontradas nas argilas, está a granulometria. As argilas são formadas por partículas extremamente finas e pode-se considerar que esta é uma das principais propriedades de um material argiloso, pois ela interfere diretamente na plasticidade,

permeabilidade e resistência. A plasticidade é a resistência à deformação permanente da argila quando em contato com a água e submetida a aplicação de uma força externa. Outras propriedades importantes são a superfície específica, que é definida pela área de superfície externa mais a área de superfície interna das partículas, por unidade de massa. Por fim, a viscosidade, que pode ser definida como a facilidade de passar por vários processos de conformação, como extrusão e prensagem. A viscosidade nada mais é que a resistência oferecida pela a argila em condição de escoamento (Natreb, 2023).

A variação das propriedades é bastante comum, Teixeira-Neto (2009) cita que em um depósito de argila a natureza da mistura de minerais e a composição dos minerais argilosos individuais podem variar radicalmente em uma extensão de poucos centímetros, tornado natural a presença de diversos tipos de argilas em um depósito.

De acordo com Alves *et al.* (2021), a atividade de uma argila pode influenciar diretamente na capacidade de absorção de água, adesão e coesão das partículas de solo. Argilas que apresentam uma alta atividade, quando úmidas, vão se expandir com uma maior facilidade e se contrair quando secas. Isso pode resultar em formações de fendas e superfícies de compressão, não sendo, portanto, indicado para o uso em cerâmicas vermelhas.

É de suma importância que a matéria orgânica encontrada nas argilas seja em pequenas quantidades para que aumente a resistência mecânica da telha ou do tijolo. Pois o excesso de humus pode ser prejudicial no momento de queima e secagem, já que as peças tendem a contrair e gerar trincas, o que influencia na qualidade do produto e, conseqüentemente, acarretará perdas financeiras para as fábricas que produzem esses materiais (Alves *et al.*, 2021).

Por isso a necessidade da realização de ensaios e testes nas argilas coletadas antes que passem para a etapa de fabricação dos materiais cerâmicos, pois são através deles que se torna possível definir as propriedades na composição da argila resultando em uma margem menor de perdas financeiras e de materiais nas fábricas de cerâmicas.

2.2 ENSAIOS

Para o início da fabricação de uma telha cerâmica vermelha, se faz necessário uma definição das propriedades que serão utilizadas na massa. Após essa definição, pode-se comprovar as propriedades através de diversos ensaios de caracterização.

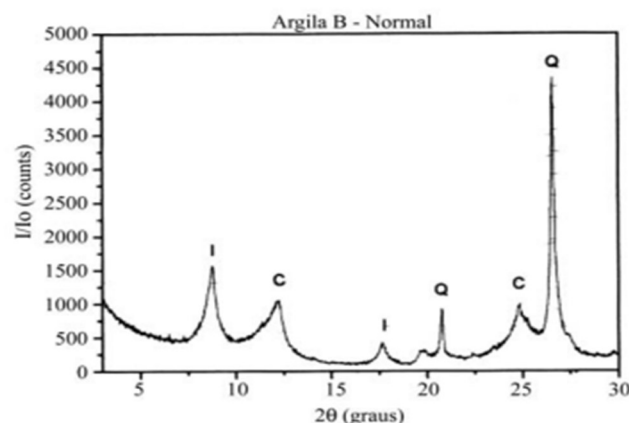
Alguns ensaios são realizados diretamente na matéria-prima, com o objetivo de identificar se esta possui as propriedades necessárias para a moldagem e secagem dos produtos cerâmicos (Kazmierczak, 2017). São diversas técnicas utilizadas para que se identifique as composições desses materiais cerâmicos, geralmente os métodos mais empregados para a identificação são: a fluorescência de raio X, difração de raio X, análise térmica, a microscopia ótica e eletrônica, a espectroscopia no infravermelho e a análise química.

2.2.1 Difração de Raio X

Segundo Kazmierczak (2017), esse método permite que se identifique os elementos constituintes da argila através de picos registrados em um difratograma juntamente com uma análise química. Através desse teste pode-se estimar a composição mineralógica da argila. É possível também identificar o grau de cristalinidade dos minerais argilosos, essa característica influencia no comportamento da argila durante o processo de fabricação desse material cerâmico.

A Figura 04 detalha os picos registrados no momento do teste, seguindo o procedimento de difração de raio X. Sendo que “I” representa ilita, “C” representa caulita, e “Q” representa quartzo.

Figura 4 – Gráfico da Difração de Raio X



Fonte: ALBERS *et al.* (2002)

2.2.2 Identificação por análise térmica

O processo de análise térmica permitirá a identificação de alteração nas propriedades físicas ou químicas das argilas quando submetidas a um acréscimo controlado da temperatura, sendo que, as principais técnicas utilizadas para a análise térmica são: Análise Térmica Diferencial (ATD),

Termogravimetria (TG), Termogravimetria Derivada (DTG) e a Análise Mecânica Térmica (AMT). Com diversos equipamentos de análise térmica se permite todas as determinações de forma conjugada (Kazmierczak, 2017).

2.2.2.1 Análise Térmica Diferencial (ATD)

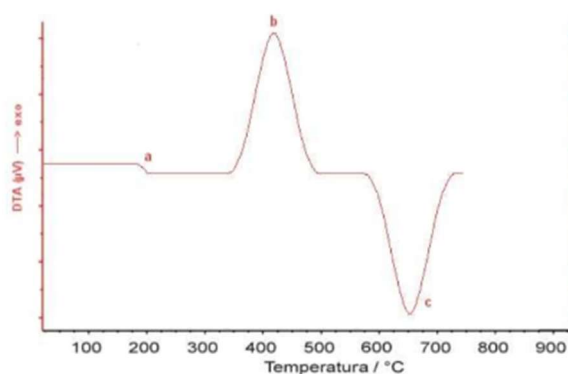
“Análise Térmica Diferencial (ATD) é a técnica na qual a diferença de temperatura entre uma substância e um material de referência é medida em função da temperatura enquanto a substância e o material de referência são submetidos a uma programação controlada de temperatura” (Machado, 2008, p.10).

Para início da análise, a argila e a amostra de referência serão submetidas à mesma programação de aquecimento monitorada por sensores de temperaturas, que geralmente são termopares. Geralmente são utilizados alumina em pó ou simplesmente a cápsula vazia para referência, e, durante o processo de aquecimento as temperaturas da amostra e da referência se mantem iguais até que ocorra alguma alteração física ou química na amostra (Machado, 2008).

Durante o ensaio, ocorrem picos endotérmicos e exotérmicos. Isso permitirá a identificação qualitativa das substâncias em análise, enquanto a sua área permite a determinação quantitativa (Kazmierczak, 2017). É de suma importância a realização deste ensaio para que se obtenha a caracterização da amostra de argila coletada.

A Figura 5 mostra como seria o comportamento da amostra de argila durante o processo da Análise Térmica Diferencial (ATD). Onde, “a” é a variação da capacidade calorífica, “b” reação exotérmica e “c” reação endotérmica.

Figura 5 – Gráfico de uma análise térmica diferencial



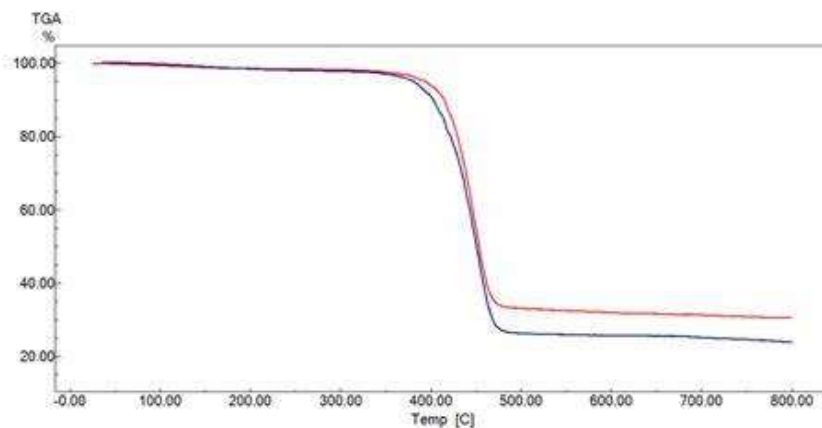
Fonte: MACHADO (2008)

2.2.2.2 Termogravimetria (TG)

Kazmierczak (2017) descreve que, a termogravimetria trata-se de uma técnica que se baseia no estudo da variação de massa da amostra de argila em função do acréscimo da temperatura ao longo do tempo enquanto a mesma estará submetida a uma programação controlada. Este ensaio seria um complemento à ATD, onde a variação de massa é resultante de uma transformação física ou química. No gráfico gerado por esse ensaio pode-se distinguir os constituintes da argila.

A Figura 06 detalha a curva 1 que é a relação da massa com o tempo. A curva 2 é a primeira derivada da curva 1, e oferece como informação a velocidade da variação da massa em relação ao tempo (dm/dt) ou em função da temperatura (dm/dT) (Afinko, 2023).

Figura 6 – Gráfico que exemplifica o que é obtido pela termogravimetria.



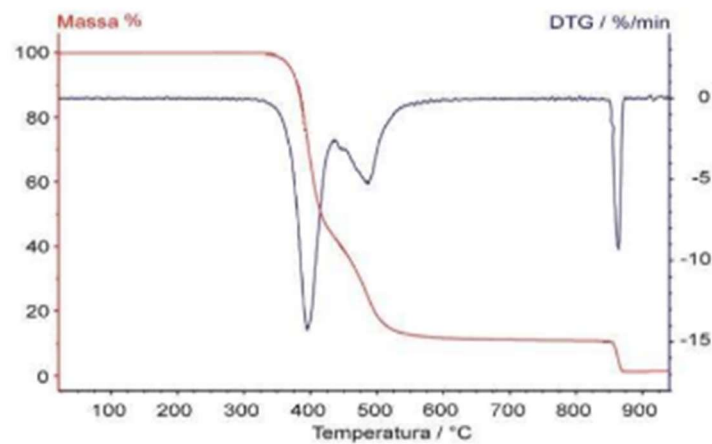
Fonte: AFINKO (2023)

2.2.2.3 Termogravimetria Derivada (DTG)

Já a termogravimetria derivada (DTG) é curva que será a derivada da curva TG. Por ela será possível determinar a temperatura em que a velocidade de uma determinada perda de massa atinge o seu valor máximo, também se dá a partir da área da curva DTG o valor estimado de perda de massa que ocorreu durante o teste. (Kazmierczak, 2017).

A Figura 7 a seguir detalha as curvas DTG e TG. A curva TG é mostrada em vermelho e a curva DTG, em azul.

Figura 7 – Gráfico das curvas DTG e TG.



Fonte: MACHADO (2008)

2.2.2.4 Análise Mecânica Térmica (AMT)

A Análise Mecânica Térmica consiste na determinação das mudanças dimensionais de uma amostra de argila durante o seu ciclo de queima. Esta análise é realizada em dilatômetro e através dele se obtém dados sobre o coeficiente de expansão linear e sua contração ou expansão relativa (Kazmierczak, 2017).

2.2.3 Ensaios para a caracterização física da argila

Os ensaios para a caracterização física da argila são de suma importância para a fabricação de materiais de qualidade, pois através desses processos obtém-se resultados que definem a distribuição granulométrica e os índices de plasticidade da amostra coletada de argila.

2.2.3.1 Distribuição granulométrica

A distribuição granulométrica exerce uma grande influência no comportamento da massa e nas propriedades da cerâmica vermelha, tais como: textura, resistência mecânica e a distribuição de poros.

Para a produção dos materiais de cerâmica vermelha derivados da argila, se faz necessário passar a amostra em uma laminadora. Para adequar as dimensões dos grãos de argila, já que as partículas para a produção de um bom material seriam entre 50 nm e 1 cm, segundo Kazmierczak (2017), e isso se faz necessário para o processo de extrusão ou prensagem.

2.2.3.2 Plasticidade

A plasticidade é o índice que define a propriedade que um sistema rígido possui de se deformar sem que haja o rompimento quando esse material é submetido a uma determinada força, sendo que o mesmo necessita manter essa deformação permanente sem sofrer ruptura após retirada a força que lhe foi aplicada. A determinação da plasticidade é algo fundamental para argilas que serão destinadas a produção de materiais cerâmicos vermelho.

Segundo (Curto, K.A.S. *et. al.*, 2003), compreender a plasticidade de uma massa ou matéria-prima desempenha um papel crucial na fase de modelagem de um produto cerâmico. Ao analisar os índices de plasticidade, é possível avaliar quão bem a massa cerâmica se adequa ao processo de dar forma às peças. Valores específicos do índice de plasticidade têm a capacidade de sinalizar se uma composição é viável para a fabricação de materiais cerâmicos através dos métodos de prensagem ou extrusão.

Para Kazmierczak (2017), a mínima quantidade de água é um fator importante no momento da fabricação da cerâmica vermelha, isso se faz necessário para uma moldagem adequada. Quando é adicionada água em excesso poderão ser geradas elevadas contrações durante etapas importantes, como, na secagem e queima desse material. As consequências seriam as deformações, fissuras e o aumento da porosidade da cerâmica, causando perda da resistência mecânica e o aumento da permeabilidade à água.

No Brasil, o método de Casagrande é o mais utilizado para determinar a plasticidade de uma argila pelo índice de Atterberg. Portanto, temos que:

O Casagrande determina a plasticidade de uma argila por meio dos índices de Atterberg: limite de plasticidade (LP), limite de liquidez (LL) e pelo índice de plasticidade (IP). O ensaio de limite de plasticidade tem por objetivo, segundo a norma NBR7180, determinar o teor de umidade no qual o solo começa a se fraturar, quando se tenta moldar com ele em um cilindro de 3 mm de diâmetro e aproximadamente da largura da mão. O ensaio de limite de liquidez determina a quantidade de umidade do solo, onde o mesmo muda do estado líquido para o estado plástico, ou seja, perde a sua capacidade de fluir. E por fim, o índice de plasticidade é determinado pela diferença entre o LL e o LP (Nascimento, 2012, p.2).

Esses limites de plasticidade e liquidez tendem sempre a variar em função de cada característica da argila coletada. Ou seja, a porcentagem sempre vai alterar de acordo com o tipo da amostra.

2.2.4 Ensaio realizados em corpos de prova

São moldados alguns corpos de prova que passarão por uma avaliação completa das propriedades da argila após a queima e resfriamento. Neles serão observadas a contração linear, a massa específica, a porosidade e absorção de água após o processo de queima desse corpo de prova.

No caso da fabricação das telhas cerâmicas, os corpos de prova para ensaio devem ser aquecidos com uma velocidade de 150°C/hora, até atingirem temperaturas na ordem de 800°C a 1000°C (Kazmierczak, 2017). Isso se faz necessário para criar um material com maior resistência e porosidade bem menor. Por isso a importância de se manter a temperatura entre a margem citada anteriormente.

2.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PRODUTOS CERÂMICOS – ETAPAS

O estudo dos materiais cerâmicos é de suma importância na graduação de engenharia civil, pois no momento de escolha dos materiais para a construção, faz-se necessário o conhecimento das propriedades, comportamento e dos problemas que esse material pode ter, desde o processo de fabricação, até ao momento que será aplicado na construção e sua exposição a intempéries.

O processo de fabricação de telhas cerâmicas pode ser dividido em seis etapas importantes, sendo elas: preparação da matéria-prima, preparação da massa, moldagem, secagem, queima e resfriamento. Após esses procedimentos é obtido um dos componentes mais importantes da construção civil: as telhas cerâmicas.

O processo de fabricação atual/tradicional não sofreu muitas alterações nas últimas décadas. O método foi desenvolvido em meados do século XX (Bastos, 2003) e, desde então, quase não ocorreu nenhuma modernização no processo de extração e preparo das matérias-primas, nem uma melhora de produtividade nos processos de secagem e queima nas indústrias e muito menos em relação aos maquinários utilizados para produzir as telhas. Essas indústrias, na sua grande maioria, são empresas de pequeno e médio porte, que ainda utilizam métodos e técnicas ultrapassadas.

2.3.1 Etapa de preparação da matéria-prima

Nessa etapa toda matéria-prima é coletada e deve passar por um processo de mineração, em que será moída ou degradada e receberá uma classificação de acordo com sua granulometria. Esse processo é necessário antes da etapa de fabricação do material cerâmico (ABCERAM, 2023).

2.3.2 Etapa de preparação da massa

Podemos definir a massa cerâmica como a mistura de um conjunto de matérias-primas, de proporções conhecidas, que se utiliza para a fabricação de produtos cerâmicos. Todo material terá propriedades adequadas e diferentes para o uso que lhe for estabelecido. Por isso é necessário a verificação e coerência em todas as etapas da produção, para que sejam alcançadas as propriedades desejadas (Amaral, 2016). É muito comum na etapa de preparação da massa que se misture duas ou mais argilas. Isso permite corrigir deficiências existentes na argila.

Cabral (2005) pontua, que a prática de armazenamento ao ar livre, também conhecida como "sazonamento", exerce um impacto positivo no tratamento das argilas. O processo de intemperismo, causado pelas variações climáticas de sol e chuva, favorece a homogeneização da umidade das massas argilosas bem como a decomposição de determinados compostos, assim, reduzindo as tensões, melhorando a plasticidade e a maleabilidade da argila, e promove a uniformização e distribuição da umidade nas misturas.

Durante o procedimento de sazonalamento, as argilas costumam ser organizadas de acordo com as características ou propriedades desejadas no produto final. A altura e a extensão dos montes são determinadas conforme o espaço disponível. Embora o período ótimo para o repouso seja de cerca de um ano, a fim de alcançar resultados ideais no processamento cerâmico, é frequente que a fase de sazonalamento seja realizada como parte das operações em cada indústria (Cabral, 2005).

É necessário que ocorra o amassamento dessa argila. Geralmente utiliza-se as laminadoras para triturar os torrões e grãos de maior dimensão (Kazmierczak, 2017). Esse processo facilitará a moldagem do material desejado. Também ocorre o ajuste de água nesse processo.

2.3.3 Etapa de moldagem das peças

Esta etapa consiste em moldar e dar formas as peças, em que se tem quatro formas distintas para esse processo, são elas: métodos de extrusão, de prensagem a seco, de moldagem plástica e de colagem (Norton, 1973). Porém, para produtos de cerâmica vermelha com ênfase para telhas, os métodos mais utilizados que merecem destaque são a conformação por extrusão e a prensagem.

O método por extrusão e prensagem, como citado por Amaral (2016):

Deve-se, principalmente, à sua elevada produtividade quando comparado com as demais técnicas disponíveis. Neste método, a massa cerâmica deve apresentar plasticidade tal que, após ser forçada através do molde, apresente resistência suficiente para permanecer nessa forma através do molde e para permanecer nesta forma até a etapa seguinte (...) na fabricação de telhas, usualmente passa-se a massa cerâmica pela extrusora para a formação de bastões que em seguida são prensados em moldes com formatos apropriados (Amaral, 2016, p. 38).

Porém, é necessário um certo cuidado nas etapas de moldagem por extrusão e prensagem, pois dependendo do tipo de material com que foi feita a mistura com a argila, podem ocorrer alguns defeitos durante esses processos, tais como: as irregularidades nas superfícies das peças e trincas. Para que se evite problemas como esses, é necessária a realização da moagem da massa cerâmica. Isso reduzirá o tamanho dos grãos e como consequência contribuirá para o aumento da plasticidade da argila, aumentando a trabalhabilidade desse material (Ribeiro *et. al.*, 2003).

2.3.4 Processo de secagem

Após conformadas, as peças têm um teor de umidade elevado, que é necessário para viabilizar a moldagem. Porém, esse teor de água tem que ser retirado lentamente para evitar deformações ou fissuras.

Van Vlack (1973) diz que a etapa crucial nos processos de conformação hidroplástica e colagem é a secagem. Quando um produto é fabricado através de prensagem, é comum conter quantidades mínimas de líquidos ou lubrificantes voláteis e agentes ligantes, que, mesmo não sendo água, necessitam ser eliminados. É notório que produtos obtidos por meio de polimento ou formação vítrea não demandam processo de secagem.

Segundo Kazmierczak (2017), existem dois processos para secagem desse material, são eles: por meio natural que estoca os componentes extrudados em prateleiras onde são devidamente protegidos da chuva e ficam expostos ao ar ambiente até que sua umidade chegue ao teor

especificado que geralmente é inferior a 1%, e levam entre 10 a 30 dias para terminar todo o processo, e por meio da secagem artificial que no caso, são realizadas através de estufas ou em câmaras de alvenaria, que dão aproveitamento ao calor do forno. Esse processo ocorre com maior rapidez, em torno de 3 dias.

A secagem, como processo de engenharia, deve ser realizada com eficiência para garantir a economia. Contudo, é importante que não seja excessivamente rápida, a ponto de causar danos ao produto como fissuras ou deformações, decorrentes das flutuações de volume. O desenvolvimento de um processo de secagem eficaz requer o entendimento da distribuição de líquido no interior do produto, assim como o domínio das cinéticas que regem o movimento dos líquidos. Esse conhecimento possibilita antecipar várias mudanças nas propriedades e dimensões do produto, com máxima precisão. (Van Vlack, 1973).

2.3.5 Processo de queima e resfriamento

Após devidamente secas, se dá início ao processo de queima, em que esse produto cerâmico é submetido ao processo de colocação nos fornos. Kazmierczak (2017) cita que no início do processo na temperatura de 150°C ocorre a evaporação da água livre e até 600°C tem-se a perda da água adsorvida. Nas temperaturas seguintes ocorrem a desidratação química e decomposição da matéria orgânica existente na argila e, a partir de 800°C a 1100°C temos a vitrificação da argila. É no processo de queima que há a alteração da cor da argila.

Existem diversos tipos de fornos que podem ser utilizados em uma olaria, são eles: os fornos Hoffmann, forno túnel que são classificados como contínuos e os fornos paulistinha (retangular), forno abóboda ou redondo e o forno caieira como intermitentes (Sabino, 2016).

Figura 8 – Fornos do tipo contínuo (Túnel).



Fonte: CERÂMICA MUNDI (2022)

Como pôde ser observado na Figura 8, esse exemplo de forno contínuo tem um formato de túnel, onde no meio se localiza a câmara de queima. Ele pode ser dividido em 3 zonas – pré-aquecimento, queima e resfriamento. Em primeiro momento, esse produto será pré-aquecido com temperaturas em cerca de 300°C. Em seguida o processo de queima onde estão dispostos os queimadores. Nessa fase a temperatura passa para até 900°C. E por fim, inicia-se o ciclo de resfriamento até a saída do forno (LCMedeiros, 2015).

Figura 9 – Fornos do tipo intermitentes (Abóboda).



Fonte: CAVALCANTI *et al.* (2010)

Já o forno abóboda tipo intermitente, representado na Figura 9, possui cabines, cinzeiros e portas de entrada. Esses fornos funcionam pela diferença de pressão existente entre o interior do forno e a altura da chaminé onde as correntes de convecção são quem fazem com que haja circulação de temperatura em todas as peças (Cavalcanti, 2010).

Algumas telhas, após o processo de queima, ainda podem ser submetidas a esmaltação, para que tenha uma maior impermeabilidade e brilho.

2.3.6 NBR 15310/2009

Por definição técnica, a NBR 15310 (ABNT, 2009) diz que: “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.” A

norma define parâmetros dimensionais, físicos e mecânicos que devem ser seguidos, bem como métodos de ensaios.

A ABNT NBR 15310/2009, cita quatro tipos de telhas e suas características são elas:

- Telhas planas de encaixe: são as telhas cerâmicas planas que se encaixam por meio de sulcos e saliências, apresentando pinos, ou pinos e furos de amarração, para sua fixação na estrutura de apoio;
- Telhas composta de encaixe: essas são as telhas que são planas e possuem um formato formado por capa e canal na mesma peça, apresentam pinos, ou pinos e furos de amarração para a fixação na estrutura de apoio;
- Telhas simples de sobreposição: tem a capa e o canal independentes, O canal deve apresentar pinos, furos ou pinos e furos de amarração para sua fixação.
- Telhas planas de sobreposição: elas são planas e somente se sobrepõe e podem ter pinos para o encaixe na estrutura de apoio ou pinos e furos de amarração para fixação.

A Figura 10 mostra cada tipo de telha e seus formatos.

Figura 10 – Tipos de telhas cerâmicas.



FONTE: CONSTRUINDO PARA MORAR (2023)

Ainda são definidos pela norma, alguns requisitos gerais a serem analisados, são eles: Na fabricação elas precisam ser fabricadas com argilas conformadas por prensagem ou

extrusão, e queima adequada, onde o produto final tem que atender as condições determinadas pela norma.

Na identificação, a mesma deverá conter a identificação do fabricante e os outros dados gravados em relevo ou reentrância com caracteres de no mínimo 5 mm, sem que prejudique seu uso. Nessa identificação deve constar as seguintes informações:

1. Identificação do fabricante, do município e do estado da federação;
2. Modelo da telha;
3. Rendimento médio (R_m) da telha, expresso em telhas por metro quadrado, com uma casa decimal, sendo obrigatória a gravação T/m^2 ;
4. As dimensões na sequência, como: largura de fabricação (L) x comprimento de fabricação (C) x posição do pino ou furo de amarração (LP) (necessário quando houver pino), expressos em cm, podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida.
5. Galga mínima (G_{min}) expressa em centímetros, com uma casa decimal, sendo obrigatória a gravação da grandeza G_{min} .

Para fins de comercialização a unidade é o metro quadrado de telhado. Também dentro dos requisitos gerais, a sonoridade é algo analisado. As telhas cerâmicas devem apresentar um som semelhante ao metálico, quando suspensas por uma extremidade e percutida (NBR 15310, ABNT, 2009).

Além dos requisitos gerais, também são necessários seguir as características geométricas dessas telhas cerâmicas, como, as formas e tipos, que foram citadas anteriormente, as características dimensionais, largura de fabricação (L); comprimento de fabricação (C); posição do pino ou furo de amarração (L_p); altura do pino (H_p); rendimento médio (R_m) e galga mínima (G_{min}). Além do mais, é necessário um projeto modelo da telha que é de responsabilidade do fabricante e devem ser fabricadas de acordo com o projeto. A retilineidade e planaridade também devem ser seguidos na fabricação, onde telhas planas devem ser menores ou iguais a 1% do comprimento efetivo e 1% menor ou igual da largura efetiva, já em telhas simples de sobreposição e telhas composta de encaixe devem ser menores ou iguais a 1% do comprimento

efetivo e a planaridade não deve ser superior a 5mm, e todo o processo deve seguir e atender todos os requisitos gerais e específicos da NBR 15310 (ABNT, 2009).

Ainda segundo a norma, existem também os requisitos específicos, como a massa da telha seca, que não deve ser superior a 6% à massa especificada no projeto da telha. Além disso, existem algumas tolerâncias dimensionais a serem seguidas onde as dimensões admitidas são de mais ou menos 2% para fabricação especificadas no projeto da telha.

Tem-se então, para as telhas prensadas, altura mínima do pino de 7 mm e para telhas extrudadas, altura mínima do pino de 3 mm. A tolerância admitida para o valor de rendimento médio é de mais ou menos 4% (NBR 15310, ABNT 2009).

Outro fator importante é a absorção de água que essa telha vai obter, o limite máximo admitido segundo a Norma é de 20%, porém, Kazmierczak (2017) cita que no caso de necessidades de especificações de absorção de água locais com condições climáticas diferentes são sugeridos os seguintes limites:

- Clima temperado ou tropical: Absorção de água menor ou igual a 20%.
- Clima frio e temperado: Absorção de água menor ou igual a 12%.
- Clima muito frio e úmido, durante longos períodos, inclusive sujeito a ciclos frequentes de gelo e degelo: Absorção de água menor ou igual a 7%.

Além de todos os requisitos citados, as telhas devem apresentar resistência a diversos esforços, desde o transporte até a loja de venda, a exposição, até o momento que são submetidas a montagem do telhado e resistir a pessoas sobre elas após a montagem quando necessárias manutenções. Na Tabela 1 a seguir serão citadas as cargas de ruptura à flexão para cada tipo de telha cerâmica conforme a NBR 15310/2009.

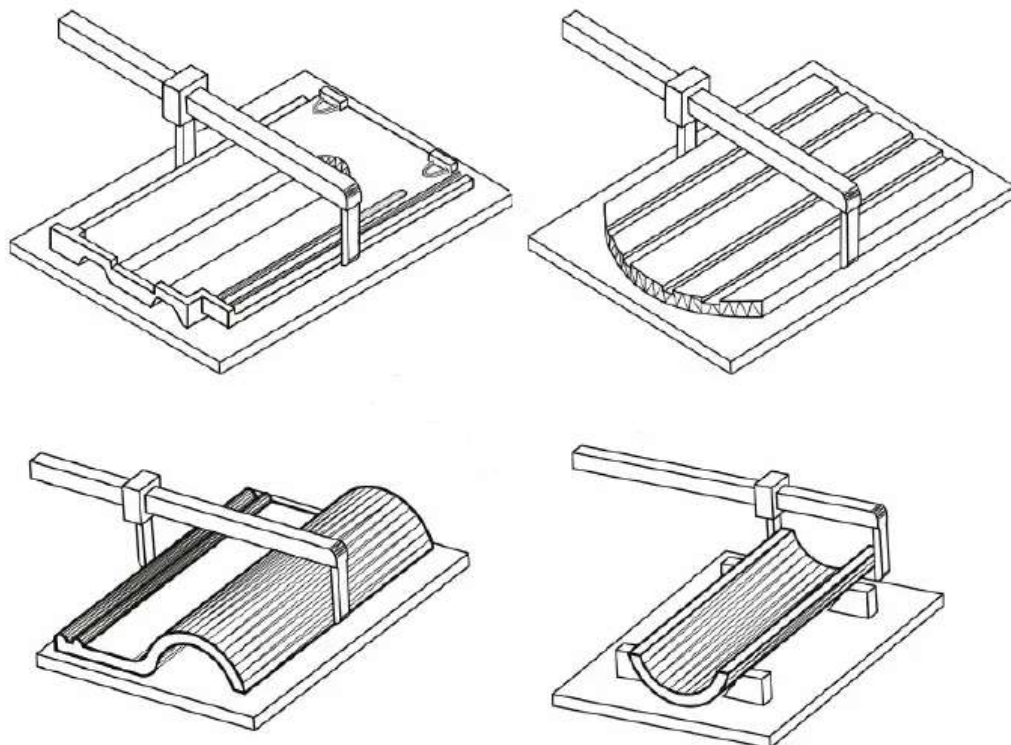
Tabela 1 – Cargas de ruptura a flexão para cada tipo de telha cerâmica conforme NBR 15310/2009

TIPOS DE TELHAS	EXEMPLOS	CARGAS N (KGF)
Planas de encaixe	Telhas francesas	1000 (100)
Simples de sobreposição	Telhas capa e canal colonial Telhas plan Telhas paulista Telhas Piauí	1000(100)
Composta de encaixe	Telhas romanas	1300 (130)
Planas de sobreposição	Telhas alemã e outras	1000 (100)

Fonte: ABNT NBR 15310/2009

A norma traz uma série de ensaios que são feitos para verificar se as telhas estão de acordo com que é mencionado por ela. O primeiro deles trata-se da determinação das características dimensionais e do rendimento médio, que pode ser observado na Figura 11.

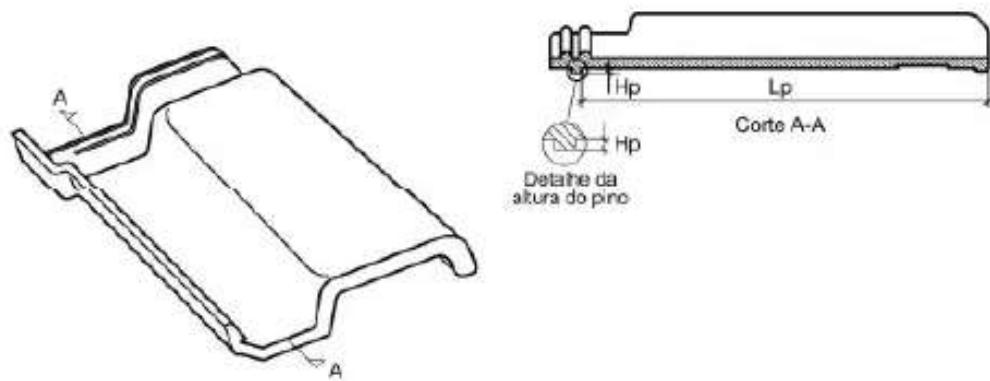
Figura 11 – A medição da largura e do comprimento deve ser feita no local da maior dimensão respectiva.



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Após esse procedimento, é feita a determinação da distância do pino ou furo de amarração à extremidade e a altura do pino, como mostra a Figura 12.

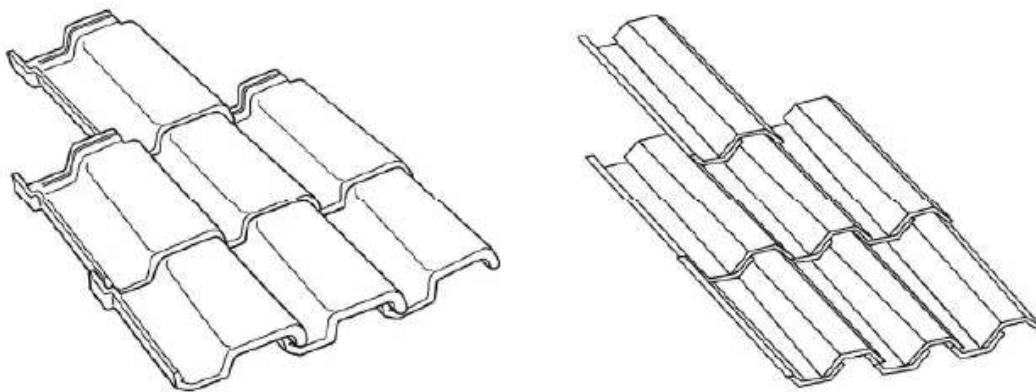
Figura 12 – Exemplificação esquemática da cota (L_p) que determina a distância da face interna do pino até a extremidade da telha e altura do pino.



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Já a Figura 13, exemplifica a execução do ensaio para a determinação do rendimento médio (R_n).

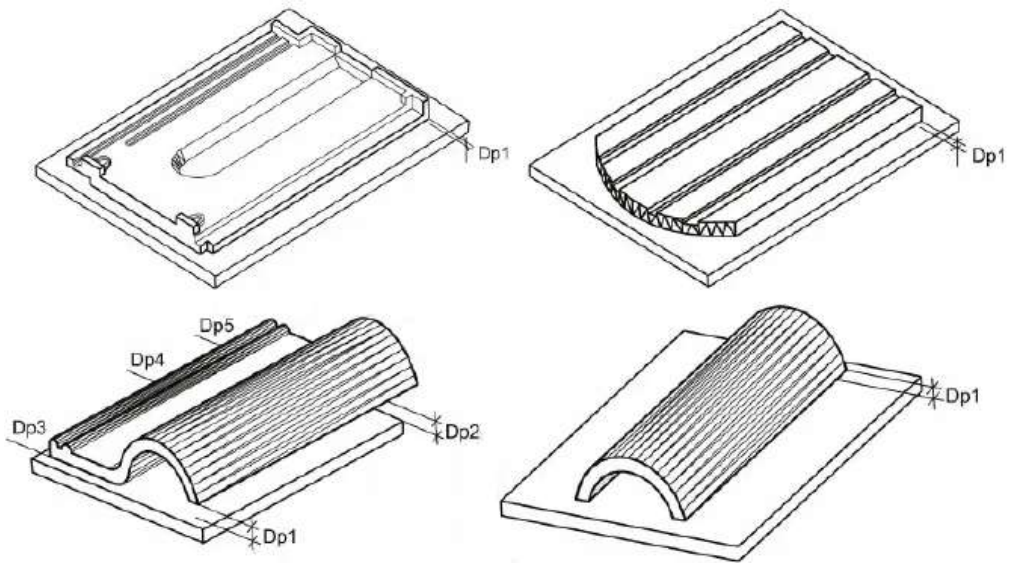
Figura 13 – Exemplificação de determinação do rendimento médio com telhas composta de encaixe e telha simples de sobreposição.



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

A Figura 14 mostra o próximo passo, que é a determinação da planaridade (PI).

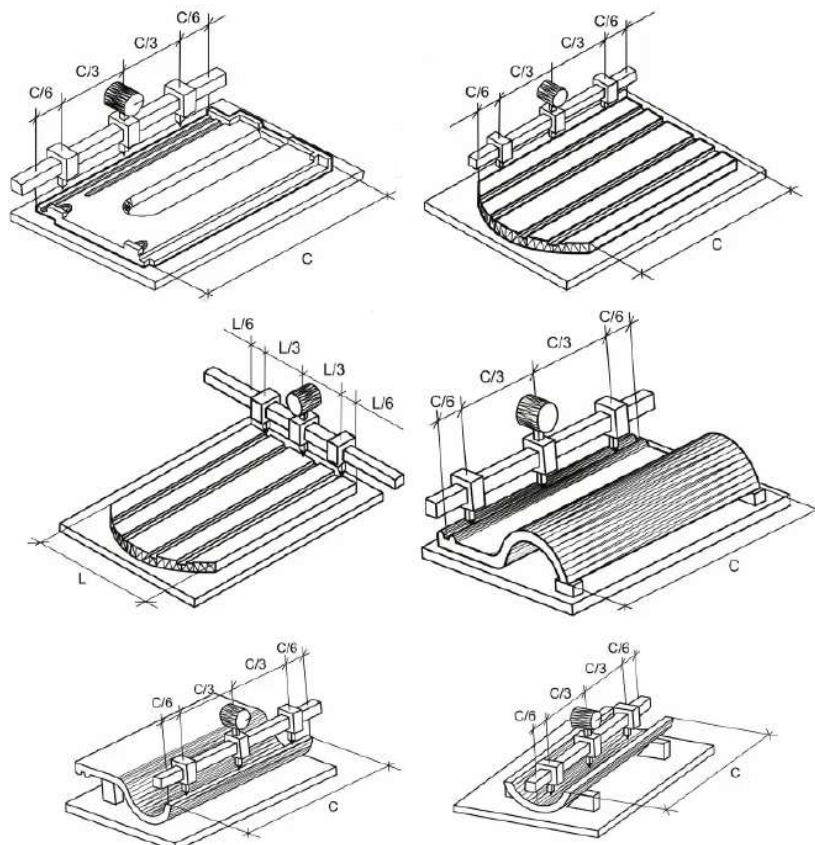
Figura 14 – Exemplificação esquemática da determinação da Planaridade.



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Após a determinação da planaridade (PI), é feita a determinação da retilidade, de acordo com a Figura 15.

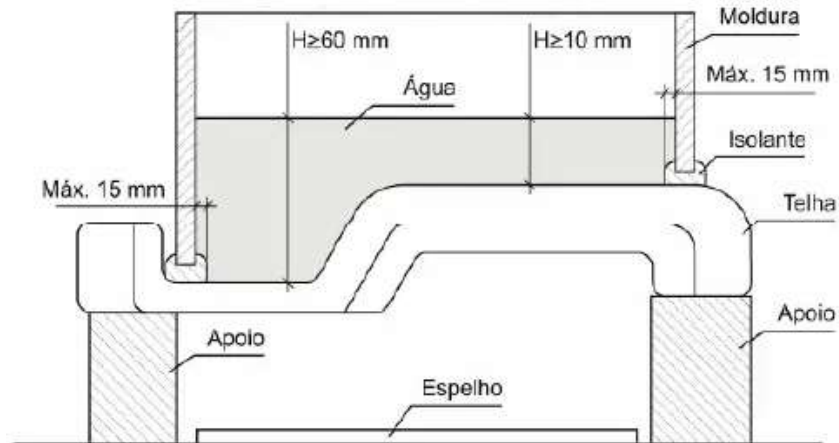
Figura 15 – Exemplificação esquemática da determinação da Retilidade.



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

A Figura 16 mostra a verificação da permeabilidade.

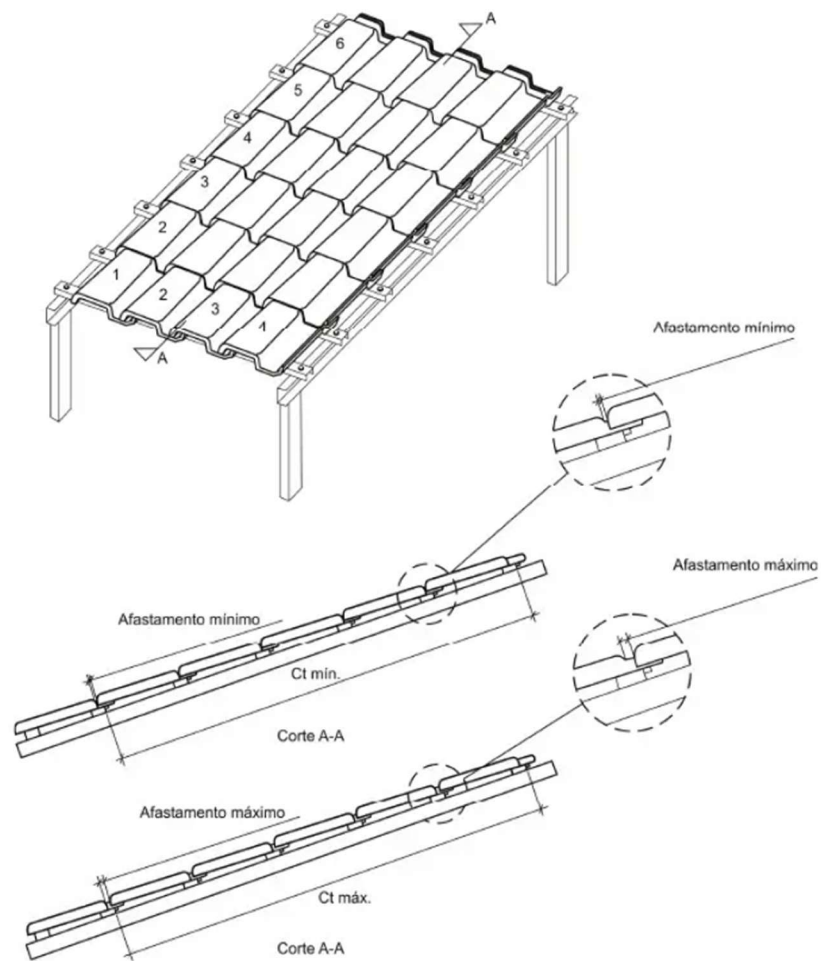
Figura 16 – Aparato para avaliação da impermeabilidade



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Será determinada também a Galga Média da telha, conforme é representada na Figura 17.

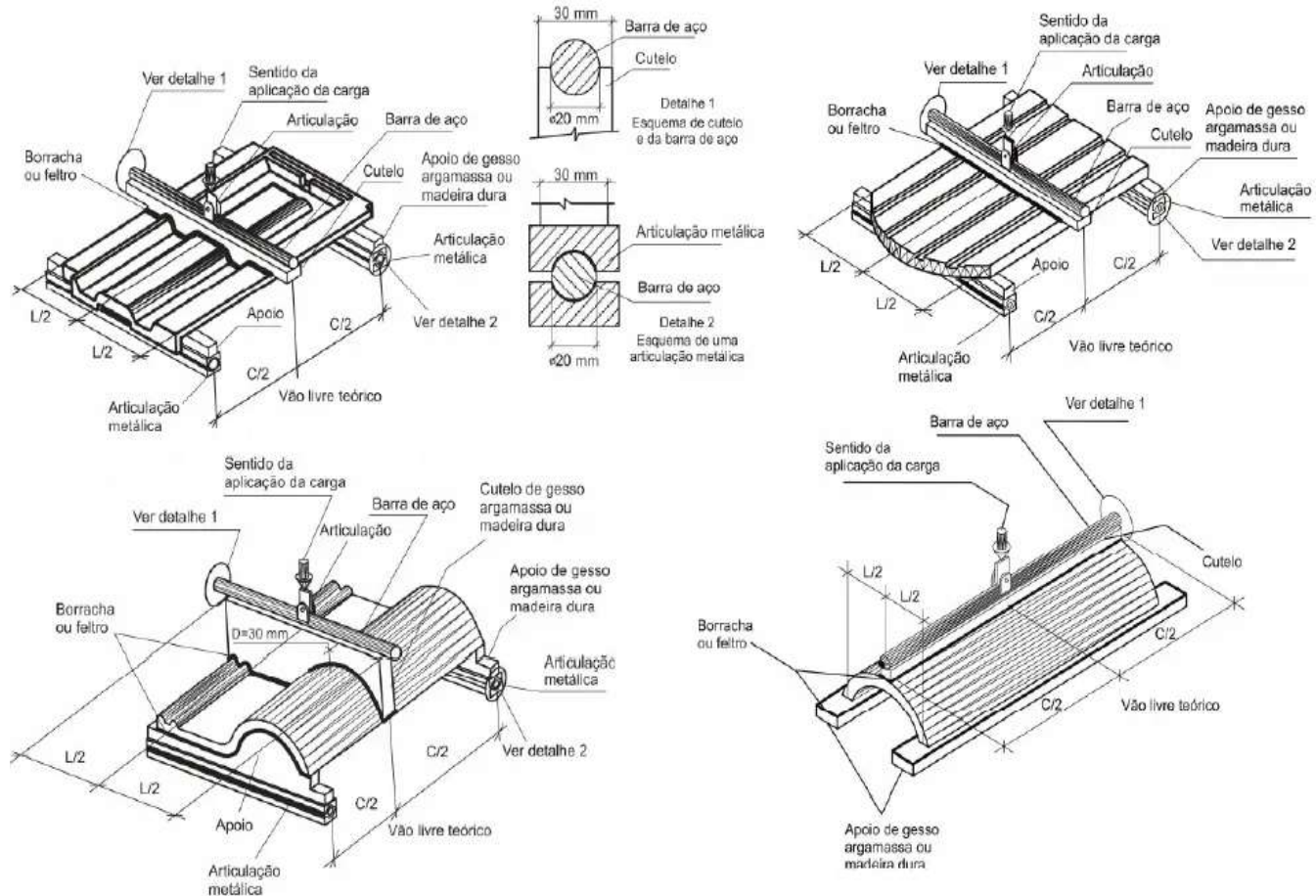
Figura 17 – Determinação da galga média



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

E, por fim, a carga de ruptura à flexão (FR) é representada na Figura 18.

Figura 18 – Dispositivos de aplicação de carga.



FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Tecnicamente todo processo de fabricação deveria seguir a norma vigente para que produzissem produtos de boa qualidade para serem comercializados. No entanto, isso nem sempre acontece, o que resulta em diversos produtos fora dos padrões desejados, causando diversos problemas futuros ao consumidor. Portanto, é necessário que este material de construção seja avaliado para determinar se atende às condições mínimas de qualidade estabelecidas pela norma em questão.

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

Inicialmente foi feito um levantamento nas lojas de materiais para construção civil que comercializam telha cerâmica americana na cidade de Jataí-GO, onde serão coletadas amostras para fins de análises e realização de testes laboratoriais. Todo o processo será realizado de acordo com as diretrizes da NBR 15310/2009 descritas no capítulo anterior.

Os ensaios serão realizados para verificar as seguintes propriedades:

- Identificação;
- Características visuais;
- Sonoridade;
- Características dimensionais e Rendimento médio;
- Retilidade e Planaridade;
- Galga média;
- Massa seca e Absorção de água;
- Impermeabilidade;
- E carga de ruptura a flexão.

Ao total foram ensaiadas 30 telhas do mesmo lote de fabricação. As Tabelas seguintes, mostrarão a quantidade de telhas que são necessárias para a realização de cada ensaio:

Tabela 2 – Número de telhas amostradas constituintes de um único lote para verificações

Número de telhas		Verificações
1ª amostragem	2ª amostragem	
30	30	Identificação; Características visuais; Sonoridade.

FONTE: ABNT NBR 15310/2009

A ABNT NBR 15310/2009 diz que, para a execução da inspeção geral, adota-se dupla amostragem caso tenha necessidade de um segundo teste. Inicialmente, os testes serão em apenas 30 telhas.

Tabela 3 – Número de telhas amostradas para verificação da Carga a ruptura à flexão

Número de telhas		Verificações
1ª amostragem	2ª amostragem	
6	6	Carga de ruptura à flexão.

FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Tabela 4 – Número de telhas amostradas constituintes de um único lote para mais 4 verificações

Número de telhas	Verificações
Amostragem simples	
6	Característica dimensionais; Retilidade e planaridade; Absorção de água; Impermeabilidade.

FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Segundo a ABNT NBR 15310/2009, para cada ensaio são necessários 12 corpos de prova, divididos previamente em dois grupos, para ensaios da primeira amostragem ou amostragem simples (seis corpos de prova) e para os ensaios da segunda amostragem (seis corpos de prova). Foi feito somente os ensaios de amostragem simples, não sendo necessário uma segunda amostragem.

O que implica testes em uma segunda amostragem são a aceitação e rejeição na inspeção geral e na inspeção por ensaios. Na Tabela 5 explica quando há a necessidade de realizar ensaios em uma segunda amostragem na inspeção geral, que são os itens de identificação, características visuais e sonoridade.

Tabela 5 – Aceitação e rejeição por dupla amostragem na inspeção geral

Nº de telhas constituintes		Unidades não-conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
1ª amostragem	2ª amostragem	Nº de aceitação	Nº de rejeição	Nº de aceitação	Nº de rejeição
30	30	2	5	6	7

FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Na Tabela 6 também mostra quando há necessidade de ensaios em uma 2ª amostragem na inspeção por ensaios, que se enquadra no item de carga a ruptura e flexão.

Tabela 6 – Aceitação e rejeição por dupla amostragem na inspeção por ensaios

Nº de telhas constituintes		Unidades não-conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
1ª amostragem	2ª amostragem	Nº de aceitação	Nº de rejeição	Nº de aceitação	Nº de rejeição
6	6	1	3	3	4

FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Ainda sobre a inspeção por ensaios, a Tabela 7 mostra quando há necessidade de ensaios em uma 2ª amostragem em ensaios simples.

Tabela 7 – Aceitação e rejeição na inspeção por amostragem simples na inspeção por ensaios

Nº de telhas constituintes	Unidades não-conformes	
Amostragem simples	Nº de aceitação	Nº de rejeição
6	0	1

FONTE: ABNT NBR 15310/2009

Segundo ABNT NBR 15310/2009, para que o lote seja aceito na primeira amostragem ou na amostragem simples, de acordo com a inspeção geral na Tabela 5 e inspeção por ensaios na Tabela 6, é necessário que o número de unidades não-conformes, para cada um dos ensaios ou verificações consideradas, seja igual ou inferior ao indicado na coluna de aceitação das Tabelas indicadas.

Para que o lote seja rejeitado na primeira amostragem ou na amostragem simples, de acordo com o disposto na Tabela 5 ou na Tabela 6, é necessário que o número de unidades não-conformes, para qualquer um dos ensaios ou verificações consideradas, seja igual ou superior ao indicado na coluna de rejeição (NBR 15310, ABNT 2009).

Caso o número de unidades não-conformes, de acordo com o disposto na Tabela 5 ou na Tabela 6, para cada um dos ensaios ou verificações consideradas, resulte maior que o indicado na coluna de aceitação e menor que indicado na coluna de rejeição, devem ser repetidos os ensaios ou verificações que impossibilitaram a aprovação do lote, empregando-se as unidades constituintes da segunda amostragem (NBR 15310, ABNT, 2009).

Após a realização dos testes, os resultados serão comparados com os valores estabelecidos na norma. E para todos processos e ensaios descritos na norma serão utilizados os laboratórios de Engenharia Civil no Instituto Federal de Goiás no Campus Jataí.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

A norma ABNT NBR 15310/2009 estabelece requisitos necessários para serem seguidos e é de suma importância que todos os processos e definições sejam apresentados nos produtos que posteriormente serão submetidos ao mercado para venda.

Foi feito um levantamento em 9 lojas na cidade de Jataí-Goiás com o intuito de obter informações de qual modelo de telha é o mais utilizado na cidade e foi concluído que o modelo mais utilizado é a telha americana. Já em relação a marca, foi encontrada somente a marca Dólar em todas as lojas pesquisadas, e foi relatado por alguns vendedores que na cidade de Jataí esse fabricante predomina e que não seria possível encontrar outra marca para o modelo de telha americana no comércio local. Sendo assim, a análise foi feita somente com um tipo de marca coletada em um dos estabelecimentos.

4.1 REQUISITOS GERAIS

Para a análise dos testes que compõem os requisitos gerais, foi coletada 30 amostras de telhas americana fabricadas com argila conformada por prensagem ou extrusão e queimadas de forma que atenda todas as condições e exigências conforme citado pela norma ABNT NBR 15310/2009. As Figuras 19 e 20 mostram todas as amostras coletadas em um comércio na cidade de Jataí-Goiás no dia 18/08/2023 e levadas para o laboratório de Materiais de Construção do Instituto Federal de Goiás – Campus Jataí.

Figura 19 – 30 amostras coletadas do fornecedor.



FONTE: AUTOR (2023)

Figura 20 – 30 amostras coletadas do fornecedor.



FONTE: AUTOR (2023)

4.1.1 Identificação

Com relação a identificação, a norma diz que as telhas devem conter a identificação do fabricante e outros dados gravados em relevo. Todas as 30 amostras continham as informações determinadas pela norma, sendo assim, foram aceitas nos quesitos de identificação. A Figura 21 mostra uma das amostras com todos os dados exigidos pela norma.

Figura 21 – Informações necessárias gravadas em reentrância.



FONTE: AUTOR (2023)

4.1.2 Características visuais e Sonoridade

De acordo com as classificações de características visuais, todas as amostras foram consideradas adequadas. Isso ocorreu porque, embora algumas telhas apresentassem rebarbas, trincas, lascas, bolhas, riscos e outros defeitos visuais, esses problemas não afetaram o desempenho das telhas. É possível verificar na Figura 22 e na Figura 23 algumas ocorrências de quebras, riscos, dentre outros defeitos.

Figura 22 – Algumas escoriações, riscos e esfoliações nas amostras.



FONTE: AUTOR (2023)

Figura 23 – Outros tipos de escoriações, riscos e esfoliações nas amostras.



FONTE: AUTOR (2023)

No que diz respeito à avaliação da sonoridade, todas as peças satisfizeram os padrões estabelecidos pela norma, produzindo um som metálico conforme o esperado.

4.2 DETERMINAÇÃO DOS VALORES DAS DIMENSÕES BÁSICAS

Para a determinação das dimensões básicas das telhas, a norma ABNT NBR 15310/2009 diz que as telhas devem ser dispostas em uma superfície plana, e a medição deve ser feita tanto no sentido transversal, quanto no longitudinal e sempre considerando o local com maior dimensão das amostragens. Ainda é citado na norma ABNT NBR 15310/2009 que existem certas tolerâncias dimensionais que devem ser respeitadas, como:

- Largura de fabricação (L), comprimento de fabricação (C) e posição do pino de amarração (L_p) a tolerância de dimensões admitidas é de mais ou menos 2,0% para as dimensões de fabricações.
- Para telhas prensadas, o pino deve ter altura mínima (H_p) de 7 mm.
- Para as telhas extrudadas, o pino deve ter altura mínima (H_p) de 3 mm.

No caso da telha americana Dólar, serão considerados os valores da altura mínima do pino de 7 mm, pois elas são prensadas. A Figura 24 a seguir, relata como foi determinada a medição da largura efetiva (L) de um dos corpos de prova com o auxílio de um paquímetro.

Figura 24 – Medição da largura efetiva (L) da telha.



FONTE: AUTOR (2023)

Já a Figura 25, mostra o ensaio para a determinação da posição do pino (L_p). Neste ensaio foi utilizada uma trena para a obtenção dos dados dos corpos de prova ensaiados.

Figura 25 – Determinação da posição do pino (L_p).



FONTE: AUTOR (2023)

Em seguida, a Figura 26 demonstra a medição do comprimento efetivo (C) da telha. Nesse caso, a medição foi feita com uma trena, pois no laboratório do Instituto Federal de Goiás – Campus Jataí não há um paquímetro maior que possibilite fazer a medição do comprimento dos corpos de prova. Então fez-se necessário a realização desse ensaio com uma trena para a coleta dos dados de cada telha.

Figura 26 – Medição do comprimento efetivo (C) da telha.



FONTE: AUTOR (2023)

E, por fim, a Figura 27 mostra a medição da altura do pino (H_p), que foi determinada utilizando o paquímetro.

Figura 27 – Medição da altura do pino (H_p).



FONTE: AUTOR (2023)

Os resultados obtidos de cada corpo de prova estão dispostos na Tabela 8 a seguir.

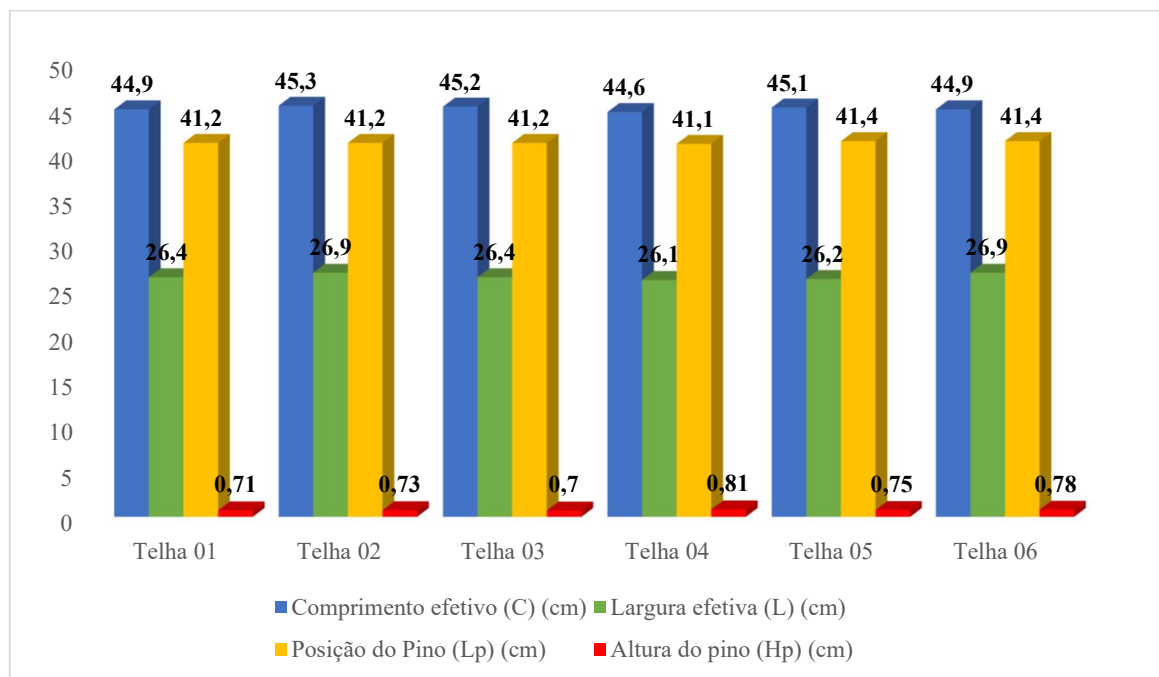
Tabela 8 – Medições obtidas dos corpos de prova ensaiados para dimensões básicas

1ª Amostragem Simples				
Corpos de prova	Comprimento efetivo (C) (cm)	Largura efetiva (L) (cm)	Posição do Pino (Lp) (cm)	Altura do pino (Hp) (cm)
Telha 01	44,9	26,4	41,2	0,71
Telha 02	45,3	26,9	41,2	0,73
Telha 03	45,2	26,4	41,2	0,70
Telha 04	44,6	26,1	41,1	0,81
Telha 05	45,1	26,2	41,4	0,75
Telha 06	44,9	26,9	41,4	0,78

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

O Gráfico 1 expressa os resultados obtidos nas medições feitas para a determinação básica de cada corpo de prova.

Gráfico 1 – Dimensões básicas obtidas



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Nota-se no Gráfico 1 acima, que todas as telhas passaram na primeira amostragem, respeitando todas as exigências da ABNT NBR 15310/2009. Nas características largura de fabricação (L), comprimento de fabricação (C) e posição do pino de amarração (Lp) nenhum resultado passou dos 2% tolerados na norma, as alturas dos pinos (Hp) também não foram menores que 7 mm, sendo assim, no quesito das dimensões básicas os corpos de prova estão em conformidade com a norma.

4.3 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO MÉDIO

Para a realização deste ensaio, a norma ABNT NBR 15310/2009 diz que as telhas devem ser ensaiadas sobre uma superfície plana e indeformável, de dimensões maiores que as telhas e a superfície não deve apresentar desnível maior que 0,025. Deve-se dispor de sete telhas, uma telha é fixada no centro e as demais são ajustadas a sua volta e a cada novo conjunto essa telha central deve ser substituída quatro vezes. Para cada substituição da posição das telhas, deve-se fazer duas medições da largura útil, mínima e máxima e duas medições do comprimento útil, mínimo e máximo. Elas também devem ser ajustadas com os menores e maiores afastamentos entre si. A tolerância admitida para o valor do rendimento médio (R_m) é mais ou menos 4%.

Os valores médios da largura e do comprimento são obtidos pela média aritmética considerando-se as telhas com o menor e com maior afastamentos (NBR 15310, ABNT, 2009). Os valores médios são usados na determinação da área útil média, definida como área útil da telha (A_u) (NBR 15310, ABNT, 2009).

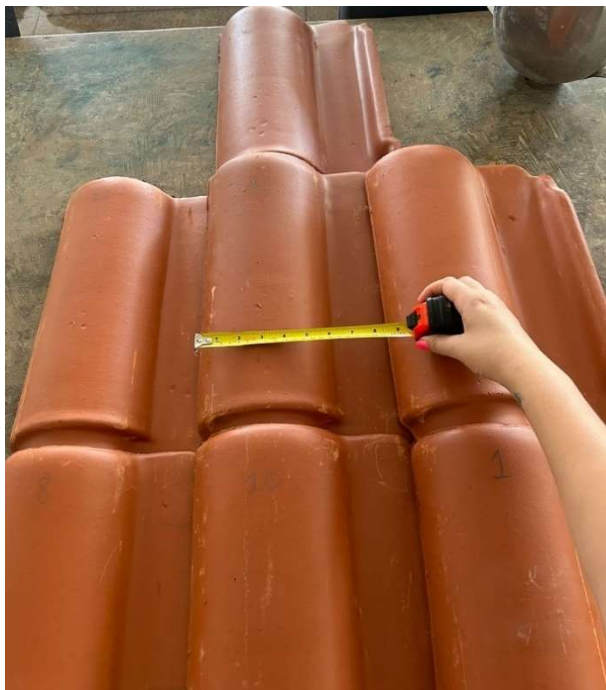
Segundo a ABNT NBR 15310/2009, a área útil (A_u) é obtida pelo produto da largura útil média ($L_{u,m}$) e comprimento útil médio ($C_{u,m}$), obtendo-se o rendimento médio (R_m), conforme a seguinte equação:

$$R_m = \frac{1}{A_u}$$

Sendo que o rendimento médio deve ser expresso em telhas por metro quadrado (T/m^2) (NBR 15310, ABNT, 2009).

A Figura 28 demonstra como é realizado o ensaio de rendimento médio (R_m) medindo a largura das telhas.

Figura 28 – Determinação do rendimento médio (R_m) medindo a largura.



FONTE: AUTOR (2023)

Já a Figura 29, mostra a realização do ensaio medindo o comprimento das telhas para a determinação do rendimento médio (R_m).

Figura 29 – Determinação do rendimento médio (R_m) medindo o comprimento.



FONTE: AUTOR (2023)

Após as quatro medições exigidas pela norma, são obtidos os máximos e mínimos dos comprimentos e as larguras de cada conjunto analisado, que estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Máximos e mínimos de cada conjunto de medição.

1ª Amostragem Simples				
Conjunto de medições	Comprimento máximo (m)	Comprimento mínimo (m)	Largura máxima (m)	Largura mínima (m)
Medição 01	0,391	0,371	0,225	0,179
Medição 02	0,389	0,370	0,226	0,178
Medição 03	0,390	0,370	0,225	0,175
Medição 04	0,392	0,372	0,227	0,176

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Foi feita a média aritmética para obtenção dos valores do comprimento médio máximo, comprimento médio mínimo, largura média máxima e largura média mínima das medições descritas na tabela 9 e foram obtidos os seguintes valores mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados obtidos após a realização dos cálculos.

1ª Amostragem Simples				
Conjunto de medições	Comprimento Útil Médio (m)	Largura Útil Média (m)	Área Útil (m²)	Rendimento Médio (T/m²)
Medição 01	0,381	0,202	0,077	12,9
Medição 02	0,379	0,202	0,076	13,1
Medição 03	0,380	0,200	0,076	13,1
Medição 04	0,382	0,201	0,077	12,9

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Conforme as informações descritas na identificação dos corpos de prova, o rendimento médio (R_m) consta como 12,0 T/m² e é descrito na norma que esse valor não poderá ultrapassar a tolerância dos 4%. Sendo assim, nesse quesito as telhas não estão em conformidade com a norma, pois os resultados não se encontram dentro do limite que seria entre 11,52 e 12,48 T/m².

4.4 PROJETO DO MODELO DA TELHA

Segundo a ABNT NBR 15310/2009, para produção de qualquer tipo de telha, é fundamental contar com um projeto específico do modelo de telha correspondente. Essa responsabilidade recai sobre o fabricante das telhas, garantindo que a produção seja realizada de acordo com os parâmetros previstos no projeto do modelo de telha. Este projeto desempenha um papel crucial como ponto de referência para resolver possíveis dúvidas que possam surgir durante a interação entre o fabricante e o consumidor final.

É necessário que todo modelo de telha cumpra tanto os requisitos gerais quanto os específicos definidos por esta norma e pelo projeto correspondente, garantindo, dessa forma, a eficácia e a eficiência do produto final.

Neste projeto deve constar no mínimo as suas características geométricas e dimensionais, a galga mínima, o rendimento médio, a declividade de utilização e a sua massa seca (NBR 15310, ABNT, 2009).

Foi solicitado ao fabricante das telhas americanas da marca Dólar com sede em São Simão - Goiás, o respectivo projeto de fabricação das telhas, porém, foi informado que não possuía nenhum projeto modelo para a fabricação e elas são feitas sem nenhum projeto. Logo, não foi possível analisar tais informações contidas na norma.

4.5 PLANARIDADE

A norma ABNT NBR 15310/2009 cita que neste ensaio as telhas não poderão ter valores para a planaridade acima de 5 mm, independentemente do tipo de telha. Para telhas compostas de encaixe, a medida do corpo de prova, no canal, é expressa pela maior diferença entre os três afastamentos medidos, já para a capa, é expressa pela diferença entre os afastamentos nas extremidades.

Neste ensaio, para que o lote seja aceito, nenhum resultado analisado dos corpos de prova pode ser diferente daquele definido na norma, ou seja, todos não devem passar de 5 mm.

Pode ser notado na Figura 30, um exemplo de planaridade de um corpo de prova.

Figura 30 – Exemplo de planaridade de um corpo de prova



FONTE: AUTOR (2023)

A Figura 31 a seguir, mostra como foi executado o ensaio de planaridade na capa com um paquímetro.

Figura 31 – Execução do ensaio de planaridade na capa da telha



FONTE: AUTOR (2023)

Os testes de planaridade foram executados no dia 18/09/2023. A Tabela 11 mostra cada valor obtido das medições dos seis corpos de prova analisados e a diferença entre os afastamentos nas extremidades na capa.

Tabela 11 – Determinação da planaridade na capa dos corpos de prova

1ª Amostragem Simples			
Corpos de prova	Dp 1 (mm)	Dp 2 (mm)	Diferença da Dp (mm)
Telha 01	7	2,8	4,2
Telha 02	5	2,5	2,5
Telha 03	5	1	4
Telha 04	3,5	1	2,5
Telha 05	4,9	1,5	3,4
Telha 06	8,2	3,2	5

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

A Figura 32 detalha como foi executado o ensaio de planaridade no canal da telha. Neste caso, foi utilizada uma régua para a medição, pois não tinha outro equipamento no laboratório que permitisse fazer essa coleta de dados.

Figura 32 – Execução do ensaio de planaridade no canal da telha



FONTE: AUTOR (2023)

Na Tabela 12, tem-se todos os dados de medições dos corpos de prova no canal, visto que a norma ABNT NBR 15310/2009 diz que nesse ensaio os resultados são dados pela maior diferença entre os três afastamentos nas extremidades da telha.

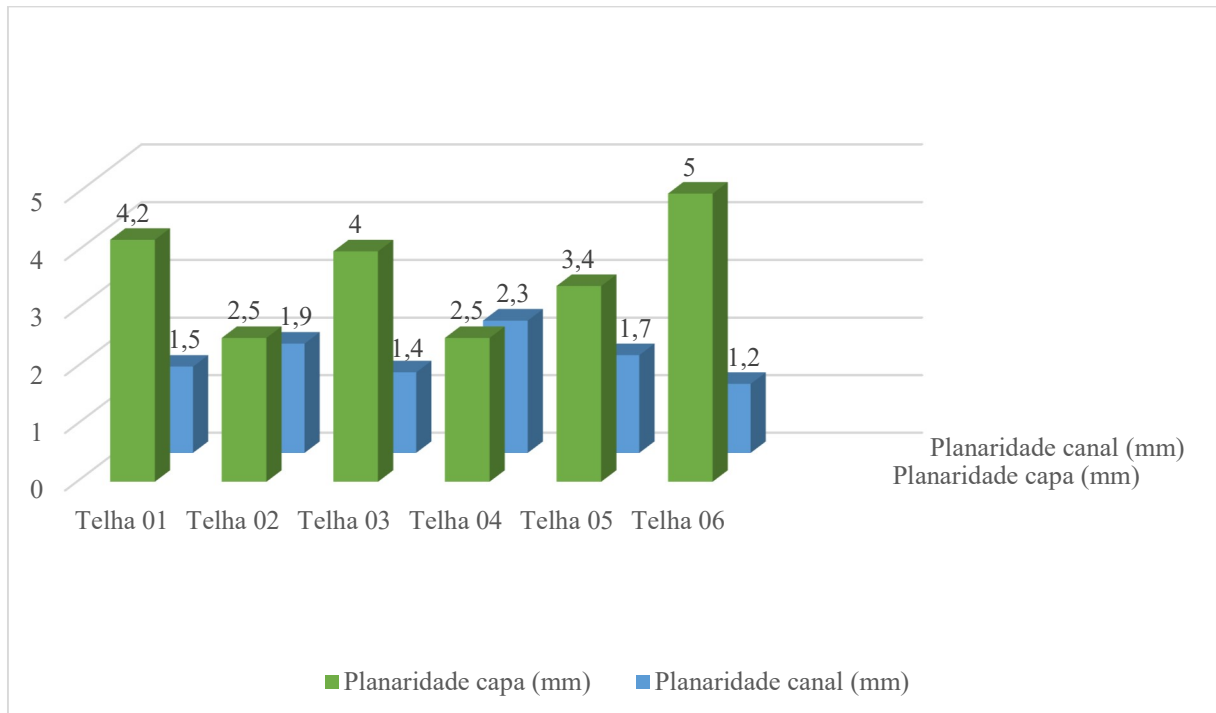
Tabela 12 – Determinação da planaridade no canal dos corpos de prova.

1ª Amostragem Simples				
Corpos de prova	Dp 3 (mm)	Dp 4 (mm)	Dp 5 (mm)	Maior diferença entre os três afastamentos da Dp (mm)
Telha 01	2,3	1,5	0,8	1,5
Telha 02	2,5	1,5	0,6	1,9
Telha 03	1,8	1,1	0,4	1,4
Telha 04	2,7	1,6	0,4	2,3
Telha 05	3,1	2	1,4	1,7
Telha 06	3,7	3,2	2,5	1,2

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Como mostra o Gráfico 2 a seguir, todos os resultados dos seis corpos de prova analisados atenderam as especificações da ABNT NBR 15310/2009, pois nenhum valor foi superior a 5 mm, sendo assim, todos passaram na amostragem simples e não foi necessário fazer uma segunda amostragem.

Gráfico 2 – Determinação da planaridade na capa e no canal



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

4.6 RETILINEIDADE

Para a determinação da retilidade, a norma ABNT NBR 15310/2009 mostra que esse ensaio se aplica em telhas planas de encaixe, telhas planas de sobreposição, telhas simples de sobreposição e telhas compostas de encaixe. A telha americana se encaixa nas telhas compostas de encaixe, por isso fez-se necessário a realização desse ensaio.

Neste caso, as telhas compostas de encaixe não devem ter valores para a retilidade superiores a 1% do comprimento efetivo, sendo que, para a telha americana esse comprimento é 44,9 cm ou 449 mm, logo a retilidade não pode passar de 0,449 cm ou 4,49 mm. Os resultados do ensaio serão expressos em milímetros.

Durante todo o ensaio foi utilizado um defletômetro zerado e sobre uma superfície plana, onde o defletômetro é posicionado no meio do canal da telha considerado como referência 0 e depois posicionado a 7,5 cm à esquerda e feita a medição, e em seguida 7,5 cm à direita e mediu-se novamente. Como são telhas compostas de encaixe, também se faz necessária a medição na capa da telha, de forma que também foram feitas as mesmas marcações de 7,5 cm à esquerda e 7,5 cm à direita, considerando o meio como o ponto de referência 0, como é citado na norma ABNT NBR 15310/2009.

A Figura 33 mostra a determinação da retilidade no canal da telha americana.

Figura 33 – Determinação da retilidade no canal da telha americana



FONTE: AUTOR (2023)

Já na Figura 34, verifica-se a medição na capa da telha americana.

Figura 34 – Determinação da retilidade na capa da telha americana



FONTE: AUTOR (2023)

Para a expressão de resultados, a norma ABNT NBR 15310/2009 diz que todos os resultados devem ser apresentados individualmente para cada exemplar de telha, com seu respectivo sinal. Se o afastamento for para baixo, a borda apresenta concavidade, adotando o sinal positivo, ou, quando para cima, a borda apresenta convexidade, e assim adota-se sinal negativo. O referido ensaio foi realizado no dia 18/09/2023.

Na Tabela 13 a seguir, serão dispostos todos os resultados obtidos dos seis corpos de provas ensaiados tanto no canal.

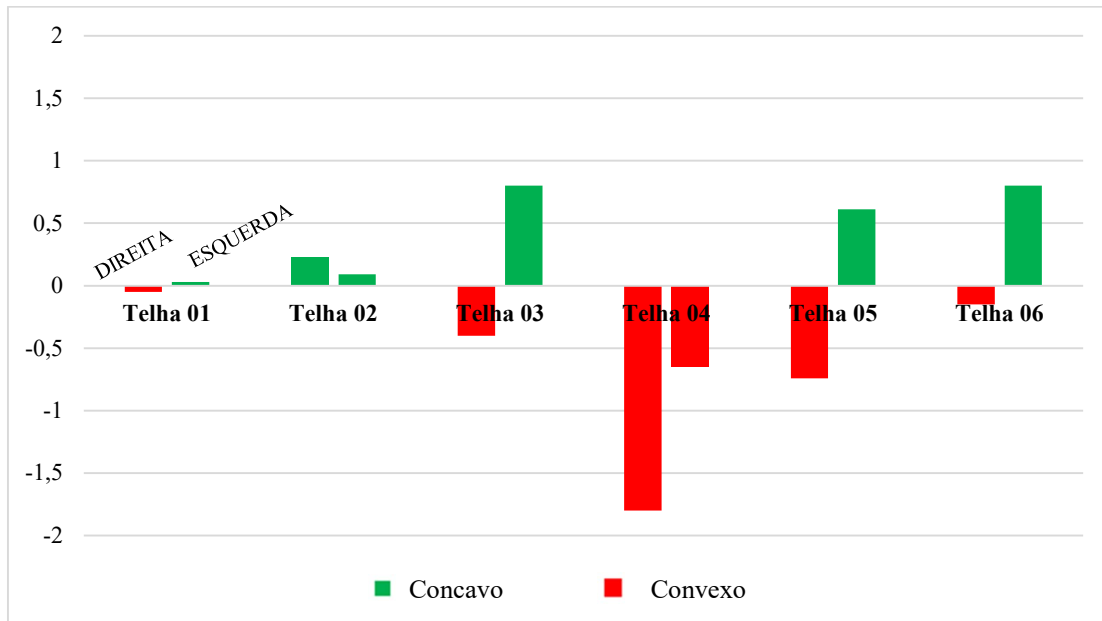
Tabela 13 – Resultados da determinação da retilidade no canal da telha.

1ª Amostragem Simples				
Corpos de prova	Lado Direito (mm)	Afastamento à direita	Lado Esquerdo (mm)	Afastamento à esquerda
Telha 01	-0,05	Convexidade	+0,03	Concavidade
Telha 02	+0,23	Concavidade	+0,09	Concavidade
Telha 03	-0,4	Convexidade	+0,80	Concavidade
Telha 04	-1,8	Convexidade	-0,65	Convexidade
Telha 05	-0,74	Convexidade	+0,61	Concavidade
Telha 06	-0,15	Convexidade	+0,80	Concavidade

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

No Gráfico 3, é possível observar os dados de retilidade no canal, sendo que os resultados que apontam convexidade, com sinal negativo, estão apresentados em vermelho, e os resultados que apontam concavidade, com sinal positivo, estão em verde. Vale ressaltar que, as informações do gráfico, para todas as telhas, seguem a ordem: primeiro a medição do lado direito e, depois, do lado esquerdo.

Gráfico 3 – Dados de retilidade no canal



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Na Tabela 14, são apresentados os resultados obtidos nos mesmos corpos de prova das telhas ensaiadas anteriormente, porém estes se referem à capa.

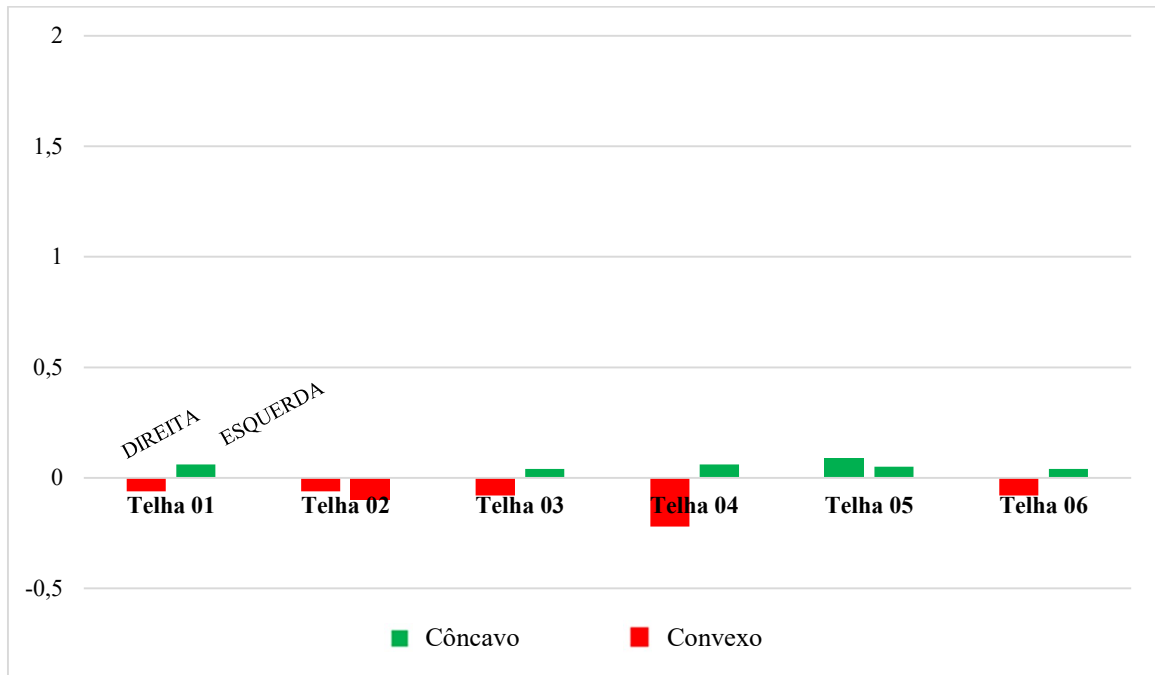
Tabela 14 – Resultados da determinação da retilidade na capa da telha.

Corpos de prova	1ª Amostragem Simples			
	Direita (mm)	Afastamento à direita	Esquerda (mm)	Afastamento à esquerda
Telha 01	-0,06	Convexidade	+0,06	Concavidade
Telha 02	-0,06	Convexidade	-0,10	Convexidade
Telha 03	-0,08	Convexidade	+0,04	Concavidade
Telha 04	-0,22	Convexidade	+0,06	Concavidade
Telha 05	+0,09	Concavidade	+0,05	Concavidade
Telha 06	-0,08	Convexidade	+0,04	Concavidade

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

O Gráfico 4 a seguir, dispõe os resultados obtidos na determinação da retilidade na capa da telha.

Gráfico 4 – Dados de retilidade na capa



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

As amostras de telhas coletadas obtiveram resultados positivos, tanto nas medições da retilidade do canal, quanto nas medições da capa, não ultrapassando 1% do comprimento efetivo da telha como é exigido na norma ABNT NBR 15310/2009. Todos ficaram abaixo de 4,49 mm, sendo assim, não se faz necessário um ensaio com uma segunda amostragem de corpo de provas.

4.7 VERIFICAÇÃO DA IMPERMEABILIDADE

Para a verificação da impermeabilidade de uma telha, a ABNT NBR 15310/2009 diz que, quando submetida ao ensaio para verificação da impermeabilidade, a telha não poderá apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, mas será tolerado o aparecimento de manchas de umidade, pois esses corpos de prova ficarão submetidos a uma pressão constante de água por 24 horas. Este ensaio é uma verificação qualitativa da passagem ou não da água através da telha.

Para a realização deste ensaio, foi utilizada uma moldura para estancar a água em no mínimo 65%. Essa área é determinada pelo comprimento útil e largura útil das telhas, como orienta a norma. Foram dispostos seis corpos de prova para a realização deste ensaio.

Em primeiro momento esses corpos de prova foram colocados em um recipiente com água à temperatura ambiente durante 24 horas. Em seguida, foram colocados em uma estufa onde a massa era determinada em intervalos de 1 hora até que a massa dos corpos de prova atingisse uma diferença em duas pesagens consecutivas inferior 0,25% da massa da telha. Os seis corpos de prova atingiram a massa com menos de 0,25% em 5 horas de estufa.

A Figura 35 a seguir, demonstra como foi a realização do ensaio para a verificação da impermeabilidade em um dos corpos de prova.

Figura 35 – Ensaio para a verificação da impermeabilidade de um dos corpos de prova



FONTE: AUTOR (2023)

Foram necessários seis dias para a realização completa deste ensaio, pois havia somente uma moldura para estancar a água. Como o ensaio é qualitativo, segundo a ABNT NBR 15310/2009 deve-se considerar apenas duas possibilidades para cada corpo de prova: o status impermeável ou permeável a água. Conforme realizado o ensaio, obteve-se os seguintes resultados, dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados após a realização da verificação da impermeabilidade

1ª Amostragem Simples	
Corpos de prova	Verificação (status)
Telha 01	Impermeável
Telha 02	Impermeável
Telha 03	Impermeável
Telha 04	Impermeável
Telha 05	Impermeável
Telha 06	Impermeável

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Nenhum corpo de prova apresentou vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, demonstrando a impermeabilidade dessas telhas. Tiveram algumas manchas de umidade, o que é tolerável, como está descrito na norma. A Figura 36 mostra como são as manchas de umidade.

Figura 36 – Manchas de umidade em um corpo de prova



FONTE: AUTOR (2023)

4.8 CARGA A RUPTURA À FLEXÃO SIMPLES (FR) – FLEXÃO A TRÊS PONTOS

A determinação da carga de ruptura à flexão simples (flexão a três pontos ou ensaio dos três cutelos) tem por finalidade simular situações genéricas no transporte, no uso, na construção e na manutenção das telhas NBR 15310 (ABNT, 2009).

Conforme a norma ABNT NBR 15310/2009 descreve, as telhas compostas de encaixe, que são as telhas americanas, devem suportar uma carga de 1300 N para que estejam em conformidade com o que é descrito.

Neste ensaio foi utilizada uma prensa que gerava uma aplicação contínua sobre a telha e continha um dispositivo de leitura de carga para registrar a carga máxima que esse corpo de prova resistiria. Também foram feitos os apoios e cutelos exigidos pela norma para a realização do ensaio em telhas compostas de encaixe. Na Figura 37 é possível visualizar detalhadamente como foi feito o ensaio de flexão simples.

Figura 37 – Ensaio de ruptura à flexão simples com a aparelhagem necessária.



FONTE: AUTOR (2023)

Pode-se verificar todos os resultados obtidos com o ensaio na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados obtidos no ensaio de ruptura à flexão

1ª Amostragem Simples		
Corpos de prova	Carga exigida pela norma (N)	Carga máxima atingida por corpo de prova (N)
Telha 01	1300	2062
Telha 02	1300	2459
Telha 03	1300	2310
Telha 04	1300	2175
Telha 05	1300	1574
Telha 06	1300	1375

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Com base nos resultados obtidos na realização do ensaio de ruptura à flexão que foi realizado no dia 03/10/2023, todos os corpos de prova atingiram a carga mínima exigida pela norma de 1300N, sendo assim, as telhas estão em conformidade com o que a norma estabelece, não sendo necessária a realização de uma segunda amostragem para a aprovação do lote.

4.9 DETERMINAÇÃO DA GALGA MÉDIA

Este ensaio consiste na determinação da galga média (G_m) das telhas, segundo TIJOTELHAS (2023), a galga é a distância máxima entre as faces superiores de duas ripas, que varia conforme o tamanho e o tipo de telha.

Foi utilizada uma estrutura metálica construída com apoios móveis e ajustáveis a galga e uma trena de aço. A norma ABNT NBR 15310/2009 traz que, o corpo de prova é constituído por um telhado com 24 telhas íntegras e isentas de defeitos. Os apoios devem ser ajustados considerando os afastamentos mínimos e máximos das telhas e registrar a medição do comprimento total mínimo (C_{tmin}) e a medição do comprimento total máximo (C_{tmax}).

A galga mínima (G_{min}) deve ser expressa em centímetros, com uma casa decimal, sendo obrigatória a gravação da grandeza G_{min} (NBR 15310, ABNT, 2009).

Em seguida utilizar a fórmula $G_{min} = C_{tmin}/5$ para a determinação da galga mínima, $G_{max} = C_{tmax}/5$ para determinar a galga máxima e por fim, $G_m = (G_{min} + G_{max})/2$ para determinar a galga média. A Figura 38 demonstra como foram sobrepostos os corpos de prova sobre a estrutura metálica.

Figura 38 – Disposição dos corpos de prova sobre a estrutura metálica para a realização do ensaio



FONTE: AUTOR (2023)

A medição do afastamento máximo se dá em 189,1 cm e para o afastamento mínimo 187 cm, após a realização das medições, foram obtidos os seguintes resultados através das fórmulas descritas na norma que estão dispostos na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados obtidos do cálculo da galga mínima, galga máxima e a galga média

24 telhas sobre a estrutura metálica	Galga mínima ($G_{\min}$) (cm)	Galga máxima ($G_{\max}$) (cm)	Galga média (G_m) (cm)
	37,4	37,8	37,6

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

O presente ensaio foi realizado no dia 22/09/2023. Na identificação do fabricante tem-se gravado a galga mínima ($G_{\min}$) no valor de 37,5 cm. Nos ensaios feitos tem-se a galga mínima obtida ($G_{\min}$) como 37,4 cm, tendo uma diferença de 0,1 cm do valor que o fabricante traz.

4.10 DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA E DA ABSORÇÃO D'ÁGUA

Para a determinação da massa seca e da absorção d'água, a norma ABNT NBR 15310/2009 exige alguns parâmetros para a realização do ensaio, no caso se faz necessário uma balança, estufa e um recipiente com capacidade para acomodar os corpos de prova imersos.

4.10.1 Determinação da massa seca (M_s)

Nesta primeira etapa do ensaio, os seis corpos de prova são colocados em uma estufa e em intervalos de 1 hora, em seguida faz-se a pesagem de cada telha individualmente até que esses corpos de prova tenham uma diferença de massa entre duas pesagens inferior a 0,25%.

A Figura 39, mostra a pesagem de um corpo de prova após sair da estufa.

Figura 39 – Pesagem do corpo de prova após a estufa



FONTE: AUTOR (2023)

Para que os seis corpos de prova atingissem os 0,25% da massa, foram colocados por 3 horas na estufa, fazendo os intervalos para pesagens. Os resultados estão dispostos na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultados obtidos das pesagens com 3 horas de estufa

1ª Amostragem Simples				
Corpos de prova	Massa antes da estufa (g)	Massa em 1h na estufa (g)	Massa em 2h na estufa (g)	Massa em 3h na estufa (g)
Telha 01	3283,2	3264,7	3257,4	3252,6
Telha 02	3302,5	3279,1	3275,3	3266,7
Telha 03	3273,3	3252,9	3251,8	3239,3
Telha 04	3317,5	3303,9	3293,8	3285,1
Telha 05	3357,4	3346,3	3324,8	3324,1
Telha 06	3276,0	3255,8	3245,5	3242,2

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

4.10.2 Determinação da massa úmida (M_u)

Após a determinação da massa seca (M_s), os corpos de prova devem ser colocados em um recipiente de dimensões apropriadas, preenchidos com água à temperatura ambiente, em volume suficiente para mantê-los totalmente imersos durante 24 horas (NBR 15310, ABNT, 2009).

Segundo a ABNT NBR 15310/2009, as pesagens dos corpos de prova devem ser feitas imediatamente após a retirada do recipiente, não podendo ser superior a 15 minutos e o limite admissível para a absorção d'água de cada corpo de prova é no máximo 20%. Para calcular o índice de absorção d'água (AA) de cada corpo de prova utiliza-se a seguinte formulação:

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde m_u e m_s , representam a massa úmida e seca de cada corpo de prova, respectivamente, expressas em gramas (NBR 15310, ABNT, 2009).

A Figura 40, mostra a pesagem de um corpo de prova após 24 horas submerso.

Figura 40 – Pesagem do corpo de prova após 24 horas submerso em água



FONTE: AUTOR (2023)

Na Tabela 19 estão dispostos os resultados após a pesagens dos corpos de prova após 24 horas submersos em água.

Tabela 19 – Resultados obtidos nas pesagens dos corpos de prova úmidos

1ª Amostragem Simples	
Corpos de prova	Massa úmida (M_u) (g)
Telha 01	3719,1
Telha 02	3698,5
Telha 03	3762,0
Telha 04	3662,2
Telha 05	3663,2
Telha 06	3673,8

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Realizando os cálculos como descrito na norma, obteve-se os seguintes resultados indicados na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados obtidos no cálculo de absorção d'água

1ª Amostragem Simples			
Corpos de prova	Massa seca (M_s) (g)	Massa úmida (M_u) (g)	Absorção d'água (AA) (%)
Telha 01	3252,6	3719,1	12,9
Telha 02	3266,7	3698,5	13,2
Telha 03	3239,3	3762,0	13,0
Telha 04	3285,1	3662,2	13,2
Telha 05	3324,1	3663,2	13,1
Telha 06	3242,2	3673,8	12,9

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Analisando os resultados verificou-se que nenhum corpo de prova apresentou uma porcentagem de absorção d'água maior que 20%, sendo assim, não foi necessário um novo ensaio com uma segunda amostragem, todos estão dentro dos padrões descritos por norma.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO

Após a realização de todos os testes necessários descritos na norma ABNT NBR 15310/2009, conclui-se que as telhas americanas coletadas para análise da marca Dólar, não atendeu as especificações da norma em dois parâmetros. Um deles foi na determinação do rendimento médio (R_m), onde, nas descrições gravadas na telha tem-se o valor de $12,0 \text{ T/m}^2$ e nos resultados obtidos todos passaram os 4% tolerados pela norma e o outro parâmetro foi que ao entrar em contato com o fornecedor, foi informado que as telhas eram feitas sem um projeto modelo, sendo assim, não foi possível analisar as exigências desse tópico.

Na análise dos requisitos gerais onde inclui a identificação, características visuais e sonoridade, todos os corpos de prova estão dentro do que a norma estabelece, contendo os dados necessários para a comercialização e em suas características visuais continham alguns defeitos visuais, mas que não influenciariam na trabalhabilidade desta telha quando dispostas em um telhado. Todas apresentavam um som metálico característico, como é descrito em norma.

Quanto as dimensões básicas, todas os corpos de prova testados também estiveram dentro do esperado, passando na primeira amostragem simples, algumas contendo dimensões maiores e outras um pouco menores, mas todas respeitando os 2% tolerados na norma. Para a análise da galga média dos corpos de prova verifica-se que, na identificação do fabricante tem-se gravado a galga mínima ($G_{\min}$) no valor de 37,5 cm, nos ensaios feitos obtivemos o valor da galga mínima ($G_{\min}$) como 37,4 cm, tendo uma diferença de 0,1 cm do valor que o fabricante, os demais resultados para galga máxima ($G_{\max}$) obtivemos 37,8 cm e a galga média (G_m) 37,6 cm.

Os resultados da planaridade e retilineidade também foram positivos para os seis corpos-de-prova analisados, atendendo as especificações da ABNT NBR 15310/2009. Nenhum valor foi superior a 5 mm no quesito planaridade. Para a retilineidade, nas medições do canal e da capa, não ultrapassando 1% do comprimento efetivo da telha, todos ficaram abaixo de 4,49 mm.

Para a verificação da impermeabilidade nenhum corpo de prova apresentou a formação de vazamentos ou gotas, descartando a permeabilidade nessas telhas e tendo apenas algumas manchas de umidade, no teste de absorção água verifica-se que nenhum corpo de prova apresentou uma porcentagem de absorção d'água maior que 20%, sendo assim, também estão em conformidade com a ABNT NBR 15310/2009, onde esses corpos de prova suportariam diversas variações climáticas.

Quanto a carga de ruptura por flexão simples, os resultados foram satisfatórios, todos os corpos de prova atingiram a carga mínima exigida pela norma, de 1300 N, isso garante ao consumidor um bom desempenho para suportar devidas manutenções no telhado, chuvas e vento.

CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS

- ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações técnicas - Processos de fabricação.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- AFINKO POLÍMEROS. **O que é o ensaio de Termogravimetria (TGA)?** São Carlos – SP. 2020. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-o-ensaio-de-termogravimetria-tga/>. Acesso em: 14 agosto 2023.
- ALVES, R. E.; SILVA, J. N. B.; SILVA, D. L. M. **Caracterização de argilas utilizadas na fabricação de telhas e tijolos em Russas – CE.** VI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (Conapesc). 2021.
- AMARAL, L. F. **Formulação de massa cerâmica para fabricação de telhas.** 92 f. Dissertação (Mestrado). Engenharia e Ciência dos Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2016.
- ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica. **Dados do Setor.** Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>. Acesso em: 05 de março de 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310/2009: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos, e métodos de ensaio.** 2 ed. 47 p. Rio de Janeiro, 2009.
- BASTOS, F. A. **Avaliação do processo de fabricação de telhas e blocos cerâmicos visando a certificação do produto.** 2003. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30367548.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 6 ed, Vol. II, 656p. 2019.
- BESERRA, M. M.; DAMASCENO FILHO, F. E.; NOBERTO, C. C.; GURGEL, M. T. **Avaliação da qualidade de telhas cerâmicas comercializadas na cidade de Mossoró-RN, conforme a NBR 15310/2009.** 2017. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA15_ID2095_10102017100652.pdf. Acesso em: 01 mar. 2023.
- CABRAL, G. L. L. **Metodologia de produção e emprego de agregados de argila calcinada para pavimentação.** Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia – Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp010151.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- CANOTILHO, L. Argilas: Origem Mineral básico das argilas Tipos de argilas. 2023. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/1230873/>. Acesso em: 18 maio 2023.
- CAVALCANTI, M. A. V. et. al. **Análise das perdas de calor de um forno abóbada com isolante térmico.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Engenharia Mecânica – Laboratório de Mecânica dos Fluidos. Natal, 2010.

CERÂMICA MUNDI. **Cerâmica Mundi: Fornecedor de telhas é referência no setor.** Salto – SP. 2022. Disponível em: <https://ceramicamundi.com.br/2019/05/23/fornecedor-de-telhas/>. Acesso em: 21 maio 2023.

CONSTRUINDO PARA MORAR. **Telha de barro: Tipos e como escolher a telha ideal.** 2023. Disponível em: <https://construindoparamorar.com.br/telha-de-barro/>. Acesso em: 22 maio 2023.

CURTO, K. A. S. et al. **Utilização de experimentos com misturas na investigação do efeito da composição e da plasticidade na resistência mecânica de massas cerâmicas triaxiais.** In: Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica, João Pessoa, PB. 2003.

DIAS, J. F.; TOFFOLI, S. M.; AGOPYAN, V. **Absorção de telhas de cerâmica vermelha.** 2004. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2004/artigos/48cbc-5-64.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GOMES, I. R. B. **Incorporação de resíduos industriais para produção de massas cerâmicas.** 2014. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

HAGEMANN, S. E. **Apostila de Materiais de Construção Básicos.** Instituto Federal Sul-rio-grandense. 2011.

KAZMIERCZAK, C. S. Produtos de Cerâmica Vermelha. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais: Conceituação, Ciência dos Materiais, Rochas e Solos, Aglomerantes Minerais.** Ed. 3, Vol. I, p. 575-597. São Paulo: IBRACON, 2017.

LCMEDEIROS. **Forno Túnel: O Guia Simples e Prático de Operação.** Outubro, 2015. Disponível em: <http://lcmedeiros.com/blog/2015/10/11/forno-tunel-o-guia-simples-e-pratico-de-operacao/#:~:text=Em%20sua%20parte%20interna%2C%20o,oposta%2C%20na%20zona%20de%20resfriamento>. Acesso em: 09 mar. 2023.

MACHADO, M. E. S. **Análise térmica diferencial e termogravimétrica.** Novembro, 2008.

MARIANO, C. M. M. **História, trabalho, educação: um estudo sobre a formação / qualificação dos trabalhadores da indústria de cerâmica de Monte Carmelo - MG 1970/2009.** 2010. 281 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13825/1/Diss%20Claudiaa.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2023.

NATREB. **Descubra a composição e as principais propriedades da argila.** Morro da Fumaça – SC. 2023. Disponível em: <https://natreb.com/decubra-a-composicao-e-as-principais-propriedades-da-argila/>. Acesso em: 18 maio 2023.

NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica.** 325p. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

PRADO, C. M. O. **Caracterização química e mineralógica das argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha no Estado de Sergipe**. Dissertação (Mestrado em Química) – Núcleo de Pós-Graduação em Química, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e CAPesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2011. São Cristóvão, 2011.

RIBEIRO, M. J.; FERREIRA, A. A. L.; LABRINCHA, J. A. **Aspectos Fundamentais Sobre a Extrusão de Massas Cerâmicas Vermelhas**. Revista Cerâmica Industrial, v. 8, n. 1, p. 37-42, 2003.

SABINO, A. R. **Características físico-químicas das argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha no município de Tabatinga - AM: Um estudo de caso em indústrias do município**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos. Belém, 2016.

TEIXEIRA-NETO, E.; TEIXEIRA-NETO, A. A. **Modificação química de argilas: Desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado**. Química Nova, Vol. 32, p.809-817. Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC. Santo André, 2009.

TORETTI, I. et al. **Estudo da determinação da plasticidade de matérias-primas cerâmicas utilizando o método de Pfefferkorn**. 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Rev. Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1. 2012.

TIJOTELHAS. **Erros comuns na hora de fazer o telhado**. 2023. Disponível em: <https://www.tijotelhas.com.br/blog/erros-comuns-na-hora-de-fazer-o-telhado#:~:text=GALGA%20%C3%A9%20a%20dist%C3%A2ncia%20m%C3%A1xima,%20telhas%20estiver%20na%20obra>. Acesso em: 20 outubro 2023.

TELHAS TEMAX. **Tipos e vantagens das telhas cerâmicas**. 2023. Disponível em: <https://www.telhastemax.com.br/noticia/tipos-e-vantagens-das-telhas-ceramicas-15.html>. Acesso em: 18 maio 2023.

VAN VLACK, L. H. **Propriedades dos materiais cerâmicos**. 318p. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/263704397/Propriedades-Dos-Materias-Ceramicos-Lawrence-H-Van-Vlack#>. Acesso em: 14 agosto 2023.