



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**  
**CAMPUS CARAUBAS**  
**CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**HELDER DE HOLANDA DIAS PEDROZA**

**AVALIAÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE  
CRATO-CE**

**CARAÚBAS-RN**  
**2016**

HELDER DE HOLANDA DIAS PEDROZA

**AVALIAÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS PRODUZIDAS MUNICIPIO DE  
CRATO-CE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal Rural do Semi Árido  
(UFERSA), como exigência final para obtenção do  
título de Bacharel em ciências e tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Erica Natasche de  
Medeiros Gurgel Pinto - UFERSA

CARAÚBAS – RN  
2016

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (s) autor (s), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra torna-se de domínio público após a data de defesa e homologação de sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (s) respectivo (s) autor (s) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

H371a Holanda, Helder .  
Avaliação de telhas cerâmicas produzidas no  
município de Crato-CE / Helder Holanda. - 2016.  
44 f. : il.

Orientadora: Erica Gurgel.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-Árido, Curso de Ciência e  
Tecnologia, 2016.

1. Telhas. 2. Cerâmicas. 3. Produção. I. Gurgel,  
Erica, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISB-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HELDER DE HOLANDA DIAS PEDROZA

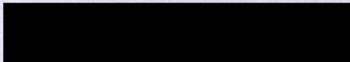
**AVALIAÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS PRODUZIDAS MUNICIPIO DE  
CRATO-CE**

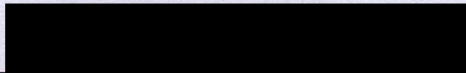
Monografia apresentada à Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA),  
como exigência final para obtenção do título  
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

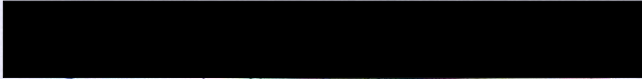
Orientadora: Erica Natasche de Medeiros  
Gurgel Pinto – UFERSA

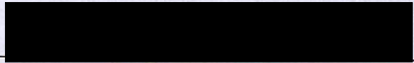
APROVADO EM 26 / 10 / 16

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto - UFERSA  
Orientadora - Presidente

  
Prof. M<sup>e</sup>. Gilvan Bezerra dos Santos Junior  
Primeiro Membro

  
Giovaninny George Duarte de Lima  
Segundo Membro

  
Prof<sup>a</sup>. M<sup>e</sup>. Rosilda Sousa Santos  
Terceiro Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da sabedoria e por me proporcionar tamanha conquista;

Aos meus pais Raimundo Pedroza e Aira Holanda que me deram forças para transformar saudade em motivação e a quem dedico totalmente essa vitória;

As minhas irmãs Glória e Ana Cecilia por estarem sempre ao meu lado;

Aos meus avós Vicente, Joana, Odorico e Maria;

Aos meus Tios e tias (Eliete, Socorro, Ananias, Francisco, Vicente, José, Marleide, Adroaldo, Ilka e Roberval) que assim como meus pais tiveram participação direta na formação do meu caráter;

Aos meus Primos e primas (Fredson, Clepton, Bergson, Victor, Marco, Lara, Heitor, Pedro Jorge, Jorge Henrique, Dayvid, Davilla, Mariana, Heloisa, Hermes, Ananias, Pedro Lucas, Caio, Gabriel, Ana Julia, Ian, Camila, Icaro, Arthur, Vicente Andre, Mariana, Iara, Paulo Vinicios, Pedro Henrique, Felipe, Ana Flavia, Samanta, Pedro Henrique, João Henrique, Samya, Iuri, Flavia, Vladimir, Iara e Livia) a quem eu sei que posso recorrer em qualquer momento;

A minha namorada Beatriz Almeida por ter me ajudado e me acolhido em momentos de saudade;

A minha orientadora Erica Gurgel por toda colaboração e todo incentivo que possibilitou a conclusão deste trabalho;

A Giovaninny Duarte, Augusto e Arthur Batista pelas ajudas no decorrer deste trabalho;

A todos os professores que contribuíram para minha formação;

Aos meus amigos e companheiros de casa (Aeferson, Anderson, Italo, Enilson e Arthur);

A todos os amigos de Caraúbas com quem dividi ótimos momentos.

Aos meus anjos da guarda, que tenho o  
prazer de chamar de pai e mãe.

**DEDICO**

“Não existe nobreza em ser superior ao seu semelhante. A verdadeira nobreza está em ser superior ao seu antigo eu.”

*(Kingsman)*

## **RESUMO**

Graças a grande facilidade para sua fabricação, os materiais cerâmicos é um dos primeiros materiais utilizados pelo homem desde a antiguidade. Com o passar dos anos, foram desenvolvidos vários tipos de materiais cerâmicos, dentre eles a telha cerâmica ganhou espaço. No interior do Ceará, mais precisamente na cidade de Crato, é grande o número de indústrias especializadas na produção desse material, logo a procura por telhas cerâmicas, principalmente do tipo composta de encaixe, é muito alta. Essa telha pode ser utilizada para cobertura de diversos ambientes, sejam pequenas ou grandes construções, dando uma ótima vedação e um controle de temperatura ao ambiente interno. Esse trabalho traz a avaliação qualitativa dessas telhas em relação as características dimensionais, planaridade e rendimento médio, verificando se as amostras recolhidas em três olarias, da cidade de Crato, obedecem as exigências da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Quanto as características geométricas, nenhuma está apta a comercialização pois não atende a dimensão mínima da norma, porém todas obedeceram um padrão de diferença máxima levando em consideração o tamanho delas. Quanto a planaridade as três olarias apresentaram valores permitidos. Quanto ao rendimento médio todas as olarias foram reprovadas, já que os valores obtidos nos testes diferem bastante do permitido. Através dos resultados obtidos conclui-se que todas as empresas testadas não atendem a norma quanto aos quesitos solicitados, portanto, o mesmo não está apto à comercialização.

Palavras-chave: cerâmica; telha; produção.

## **ABSTRACT**

Thanks to the large facility to manufacture, ceramic materials is one of the first materials used by man since antique. Over the years, they have been developed various types of ceramic materials, including ceramic tile gained ground. In the interior of Ceará, more precisely in the city of Crato, it's large the number of specialized industries in the production of this material, so the demand for ceramic tiles, especially the type made up of fitting, it is very high. This tile can be used to cover a variety of environments, whether small or large buildings, giving optimum sealing and temperature control to the indoor environment. This work brings the evaluation of these tiles compared the dimensional characteristics, flatness and average income, making sure that the samples collected in three potteries, in the town of Crato, obey the requirements of ABNT (Brazilian Association of Technical Standards). About the geometric characteristics, none is able to trade, it does not meet the minimum size of the standard, but all obeyed a pattern of maximum difference allowed by the standard. About the planarity three Potteries had showed allowed values. As the average income all Potteries were rejected, since the values obtained in the tests and the values provided by producers differ widely permitted. Through a survey data obtained, concludes that all the company tested does not meet the standard as the required questions, so it is not fit for marketing .

**Keywords:** ceramic; roof tile; production.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria A ..... | 36 |
| Tabela 2: Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria B ..... | 37 |
| Tabela 3: Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria C ..... | 37 |
| Tabela 4: Valores informados pelas Olarias .....                                  | 38 |
| Tabela 5: Resultados do ensaio de planaridade – Olaria A .....                    | 39 |
| Tabela 6: Resultados do ensaio de planaridade – Olaria B .....                    | 39 |
| Tabela 7: Resultados do ensaio de planaridade – Olaria C .....                    | 39 |
| Tabela 8: Resultados do ensaio de rendimento médio – Olaria A.....                | 40 |
| Tabela 9: Resultados do ensaio de rendimento médio – Olaria B.....                | 40 |
| Tabela 10: Resultados do ensaio de rendimento médio – Olaria C .....              | 41 |
| Tabela 11: Valores da área útil e rendimento médio .....                          | 41 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Extração da argila.....                                                                                                | 18 |
| Figura 2: Estocagem da argila. ....                                                                                             | 19 |
| Figura 3: Preparo da argila. ....                                                                                               | 20 |
| Figura 4: Corte do material extrudado.....                                                                                      | 21 |
| Figura 5: Prensa da telha.....                                                                                                  | 22 |
| Figura 6: Secagem da telha. ....                                                                                                | 23 |
| Figura 7: Forno utilizado para queima da telha. ....                                                                            | 23 |
| Figura 8: Telha plana de sobreposição .....                                                                                     | 25 |
| Figura 9: Telha plana de encaixe .....                                                                                          | 25 |
| Figura 10: Telha composta de encaixe. ....                                                                                      | 26 |
| Figura 11: Telha simples de sobreposição.....                                                                                   | 26 |
| Figura 12: Materiais utilizados nos ensaios: a) Corpos de prova, b) Paquímetro digital, c) Trena metálica, d) Nível bolha. .... | 29 |
| Figura 13: Medição de comprimento efetivo.....                                                                                  | 30 |
| Figura 14: Medição de largura efetiva.....                                                                                      | 31 |
| Figura 15: Medição da posição do pino.....                                                                                      | 31 |
| Figura 16: Medição da altura do pino. a) Largura da telha; b) Largura da telha e do pino .....                                  | 32 |
| Figura 17: Ensaio de planaridade .....                                                                                          | 33 |
| Figura 18: (a) Medição do comprimento útil; (b) Medição da largura útil .....                                                   | 34 |

## SUMÁRIO

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 - INTRODUÇÃO .....                                                                        | 14 |
| 1.1 - OBJETIVO GERAL .....                                                                  | 15 |
| 1.1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                         | 15 |
| 3 - REFERENCIAL TEÓRICO .....                                                               | 16 |
| 3.1 - TELHAS CERÂMICAS .....                                                                | 16 |
| 3.2 - CONCEITO.....                                                                         | 16 |
| 3.3 - FABRICAÇÃO .....                                                                      | 17 |
| 3.3.1 - EXTRAÇÃO E ESTOCAGEM DA MATÉRIA-PRIMA .....                                         | 18 |
| 3.3.2 - PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA .....                                                   | 19 |
| 3.3.3 - CONFORMAÇÃO.....                                                                    | 20 |
| 3.3.3.1 - EXTRUSÃO .....                                                                    | 21 |
| 3.3.3.2 - CORTE.....                                                                        | 21 |
| 3.3.3.3 - PRENSAGEM.....                                                                    | 22 |
| 3.3.4 - PROCESSAMENTO (SECAGEM E QUEIMA) .....                                              | 22 |
| 3.3.4.1 - SECAGEM.....                                                                      | 22 |
| 3.3.4.2 - QUEIMA.....                                                                       | 23 |
| 3.3.5 - CONTROLE DO PRODUTO ACABADO .....                                                   | 24 |
| 3.4 - TIPOS.....                                                                            | 24 |
| 3.4.1 - TELHA PLANA DE SOBREPOSIÇÃO .....                                                   | 24 |
| 3.4.2 - TELHA PLANA DE ENCAIXE.....                                                         | 25 |
| 3.4.3 - TELHAS COMPOSTAS DE ENCAIXE.....                                                    | 25 |
| 3.4.4 - TELHAS SIMPLES DE SOBREPOSIÇÃO.....                                                 | 26 |
| 3.5 - CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES .....                                                  | 27 |
| 4 - METODOLOGIA DE PESQUISA .....                                                           | 28 |
| 4.1 – COLETA E IDENTIFICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....                                       | 28 |
| 4.2 – MATERIAIS UTILIZADOS NOS ENSAIOS.....                                                 | 28 |
| 4.3 – ENSAIOS .....                                                                         | 29 |
| 4.3.1 – ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....                         | 29 |
| 4.3.1.1–MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ..... | 30 |
| 4.3.1.2 – EXECUÇÃO DOS ENSAIOS .....                                                        | 30 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 – ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE PLANARIDADE .....                                      | 32 |
| 4.3.2.1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE PLANARIDADE.....             | 32 |
| 4.3.2.2 – EXECUÇÃO DO ENSAIO .....                                                       | 33 |
| 4.3.3 – ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE RENDIMENTO MÉDIO .....                                 | 33 |
| 4.3.3.1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE RENDIMENTO MÉDIO .....       | 34 |
| 4.3.3.1 – EXECUÇÃO DO ENSAIO .....                                                       | 34 |
| 5 – RESULTADOS E DISCURSSÃO .....                                                        | 36 |
| 5.1 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ..... | 36 |
| 5.2 –ENSAIO DE PLANARIDADE.....                                                          | 38 |
| 5.3 – RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE RENDIMENTO MEDIO. ....                             | 40 |
| 6 – CONCLUSÃO.....                                                                       | 43 |
| 7 – REFERÊNCIAS .....                                                                    | 44 |

## 1 - INTRODUÇÃO

Na construção civil, é muito grande a diversidade de materiais utilizados. Entre eles, os materiais cerâmicos se destacam graças a sua grande variedade. Esses materiais cerâmicos são encontrados desde um acabamento em fachadas ou revestimentos de paredes e pisos, até telhas utilizadas para vedação do ambiente.

Chama-se cerâmica à pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozedura de argilas ou de misturas contendo argilas. Em certos casos, pode ser suprimida alguma das etapas citadas, mas a matéria-prima é a argila. Nos materiais cerâmicos a argila fica aglutinada por uma pequena quantidade de vidro, que surge pela ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (BAUER, 2013).

A indústria das cerâmicas é uma das mais antigas do mundo, em vista da facilidade de fabricação e abundância de matéria-prima – o barro. Já no período neolítico o homem pré-histórico calafetava as cestas de vime com barro. Mais tarde verificou que podia dispensar o vime, e fez cestas só de barro. Posteriormente, constatou que o calor endurecia esse barro e surgiu a cerâmica propriamente dita, que, nessa fase da humanidade, foi largamente empregada para os mais diversos fins (BAUER, 2013).

Em função da grande produção das telhas, foi necessária a criação de uma série de normas para que haja uma fiscalização na produção das mesmas obtendo assim uma garantia de melhor qualidade e maior desempenho.

Existem diversos tipos de materiais cerâmicos, entre eles os mais utilizados são telhas e blocos cerâmicos. As telhas se destacam entre esses materiais, pois são utilizadas com muita frequência como cobertura em todo Brasil, principalmente em regiões quentes, como na região do nordeste, já que a telha é capaz de absorver o calor emitido pelo sol, mas não transmite para o ambiente interno, dando assim segurança e conforto as residências.

Na cidade de Crato-CE é possível encontrar com facilidade diversas fontes de argila, conseqüentemente, a região possui um grande número de olarias que se concentram principalmente na produção de telhas do tipo romana, a mais utilizada na região.

## **1.1 - OBJETIVO GERAL**

Avaliar, segundo a ABNT NBR 15310:2009, as telhas romanas produzidas por três olarias localizadas na cidade de Crato-CE.

### **1.1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudo das características dimensionais;
- Estudo da planaridade;
- Estudo do rendimento médio;
- Comparar os resultados obtidos com os especificados na ABNT NBR 15310:2009.

### **3 - REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 - TELHAS CERÂMICAS**

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).

Segundo Dabney (2011), as telhas cerâmicas foram uma das primeiras formas de cobertura no nosso país e, até hoje, são muito utilizadas. Inicialmente, eram feitas usando mão-de-obra escrava e estas as moldavam em suas coxas, fazendo com que o processo de fabricação não fosse uniforme. Apesar de antigo, o processo de fabricação sofreu poucas transformações ao longo dos anos, sendo que a tecnologia utilizada foi desenvolvida para melhorar a fabricação de telhas, os quais permanecem até os dias de hoje. Tendo em vista esse processo de fabricação em grande escala, foi necessária a criação de uma norma regulamentadora que fiscaliza a fabricação e o desempenho, com a finalidade de atestar a eficácia da telha. No final da idade da pedra, notou-se que o endurecimento da argila variava a partir da temperatura. Quando exposta a uma temperatura mais alta, a argila endurecia de maneira mais rápida e após o cozimento, possuíam uma resistência maior. Assim, passaram a cozer esse material em grandes fornos capazes de atingir altas temperaturas.

#### **3.2 - CONCEITO**

As telhas cerâmicas são utilizadas como componentes de coberturas de edificações em todo o país. São constituídas por argilas do tipo ilita e montmorilonita. A massa argilosa para o preparo é conformada por extrusão com umidade entre 20 e 25%, na forma de bastões, seccionadas e depois prensadas para obtenção da forma final. Após

a secagem são queimadas a temperaturas que variam de 900 a 1100°C (SELHORST, 2001).

As telhas cerâmicas precisam obedecer várias especificações para manter sua qualidade. Segundo (ANDRADE, 2009), superfícies lisas facilitam o escoamento das águas, inexistência de fissuras, microfissuras, esfoliações, quebras, rebarbas ou qualquer defeito que prejudique o perfeito encaixe entre os componentes são algumas das muitas especificações que o produto tem que obedecer. Telhas cerâmicas em conformidade apresentam parâmetros máximos e mínimos para dimensões, formas, resistência, impermeabilidade, absorção de água etc., dada por um conjunto de normas que se complementam entre si designadas pela ABNT.

Segundo Macedo (2007), as telhas cerâmicas devem apresentar cozimento uniforme, ter superfícies lisas e proporcionar o perfeito encaixe entre os componentes. A qualidade desses produtos é atestada pela verificação destas e outras características geométricas e físicas previstas em normas específicas.

Na construção civil são utilizados diversos modelos de telhas destinados à cobertura de edificações. A cor característica avermelhada que comumente é observada nas telhas de barro é decorrente da presença da oxidação de compostos de ferro liberados no processo de queima, os quais provocam a tonalidade avermelhada no produto final, fazendo com que a tonalidade seja variada, segundo mais ou menos intensa a quantidade de óxido de ferro constante na matéria prima, assim como de outros materiais e da atmosfera do tratamento térmico. (ABCeram, 2002).

### **3.3 - FABRICAÇÃO**

Mesmo o processo de fabricação das telhas cerâmicas sendo muito antigo, mudou-se muito pouco até os dias de hoje. Segundo Bastos (2003), a tecnologia utilizada atualmente na produção de telhas e blocos cerâmicos foi desenvolvida nas décadas de 1950 e 1960 e pouco se tem feito com o objetivo de modernizar e melhorar a produtividade das empresas de cerâmica estrutural.

De acordo com Facincani (2002), o processo de fabricação de telhas cerâmicas é composto por cinco etapas: extração e estocagem da matéria-prima, preparação da matéria-prima, conformação, processamento térmico e controle de produto acabado.

### **3.3.1 - EXTRAÇÃO E ESTOCAGEM DA MATÉRIA-PRIMA**

Segundo Bastos (2003), quando é feita a extração da argila, é necessário estudar esse material, pois cada produto que se deseja fabricar depende de uma combinação de argila específica. O produto final pode ser influenciado por diversos fatores como: o teor da argila, a composição granulométrica, a profundidade do barreiro, a umidade do material e etc. Portanto é muito importante que sejam feitos testes e ensaios de granulometria e análises químicas para verificar a adequação da argila ao produto que se deseja obter.

Ainda segundo Bastos (2003), cada produto que se deseja obter necessita de um tipo de argila específica, por isso, antes de ser feita a extração da matéria-prima é necessário conhecer as características da mesma. O teor de argila, a composição granulométrica, a profundidade da barreira na jazida, à umidade e outros fatores que podem influenciar no produto final.

A extração da argila é feita com o auxílio de máquinas pesadas como retroescavadeiras e tratores. Após a extração são levadas para ser estocadas com o auxílio de caminhões caçamba. A Figura 1 mostra a argila sendo extraída através de caminhões.

**Figura 1** Extração da argila.



**Fonte:** Autor

Após a extração, o material deve ser estocado em galpões. Essa estocagem é importante, pois o material passa pelo processo de sazonamento, que consiste em estocar a argila ao ar livre para que as intempéries atuem sobre ela (THOMAZELLA, 1999).

Segundo Gaidzinski (2005), o sazonamento confere às argilas características tecnológicas superiores aquelas do material diretamente extraído da jazida, sendo prática comum das empresas européias realizarem estocagem das argilas por meio do sistema de pilhas, onde estas ficam expostas ao ar livre por determinados períodos de tempo. No Brasil, nem todas as empresas utilizam o sazonamento em seu processo, seja pela falta de conhecimento ou apenas por desprezarem tal benefício. A Figura 2 mostra a argila sendo estocada em galpões cobertos.

**Figura 2:** Estocagem da argila.



**Fonte:** Autor

### **3.3.2 - PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA**

O objetivo da preparação da argila e da massa é obter, sempre, uma mistura homogênea, com características constantes e umidade adequada para o determinado método de conformação utilizado (GOODSON, 1962. Apud BASTOS, 2003).

O próximo passo a ser dado será a mistura das argilas, que são encontradas com diversas características, que devem ser analisadas e aplicadas de acordo com a mistura.

A mistura dosada é conduzida aos desintegradores, onde os grandes blocos de argila são desintegrados e as pedras, quando existentes, separadas por centrifugação (ABC, 2002). O material desagregado é então transportado para o misturador, onde inicia o processo de homogeneização e, em seguida, a mistura é transferida para o laminador, que tem por objetivo diminuir a granulometria da massa, completar a homogeneização e cortar a massa em lâminas. A Figura 3 mostra a argila sendo preparada.

**Figura 3:** Preparo da argila.



**Fonte:** Autor

### **3.3.3 - CONFORMAÇÃO**

A conformação é o processo onde a matéria-prima preparada é transformada, através de aplicações de forças, no objeto desejado. A conformação é dividida em três etapas: extrusão, corte e prensagem.

### **3.3.3.1 - EXTRUSÃO**

Extrusão é a conformação pelo forçamento da passagem de uma massa plástica coesa através de um orifício em uma matriz rígida. Um extrudado linear, com uma seção central controlada, é formado, e então cortado para dar forma ao produto. A consistência plástica é obtida utilizando-se um plastificante orgânico ou inorgânico, ou ainda uma mistura dos dois. É um processo de alta produtividade, utilizado para produção em massa de produtos de tamanhos variados, desde pequenas peças, até produtos com mais de uma tonelada. São produzidos por extrusão produtos de construção civil, como tijolos e telhas (JUNIOR, 2008).

### **3.3.3.2 - CORTE**

Segundo Moraes (2011), o corte do material obtido após a extrusão pode ser dado de forma manual ou automática com o auxílio de máquinas. Hoje em dia o corte automático é muito mais utilizado graças a grande produção e ao ganho de uma padronização melhor entre os materiais. A máquina utilizada possui um tipo de lâmina que corta o material na dimensão desejada. A Figura 4 mostra a máquina utilizada para corte das telhas.

**Figura 4:** Corte do material extrudado.



**Fonte:** Autor

### **3.3.3.3 - PRENSAGEM**

Após o corte, o material é colocado em prensas com uma matriz no formato da telha que se deseja obter e é submetida a uma pressão

Os defeitos mais comuns em produtos produzidos por prensagem são laminações e quebras. São causadas por diferenças de pressão transmitidas dentro da massa devido à fricção com a parede do molde, por variações de deformação da massa devido à não-uniformidade de preenchimento do molde a aprisionamento de ar (energia elástica) e por defeitos do molde (PASCHOAL, 2003). A Figura 5 mostra a máquina utilizada para prensagem das telhas.

**Figura 5:** Prensa da telha.



**Fonte:** Autor

### **3.3.4 - PROCESSAMENTO (SECAGEM E QUEIMA)**

#### **3.3.4.1 - SECAGEM**

Quando a argila é molhada para obtenção da plasticidade, ela possui uma umidade alta. Após a moldagem do material essa água tem que ser retirada, pois um excesso de umidade faz com que o material quebre na queima. A secagem é, na maioria

das vezes feita de forma natural (ao ar livre) ou com o auxílio de ventiladores. A Figura 6 mostra as telhas secando ao ar livre.

**Figura 6:** Secagem da telha.



**Fonte:** Autor

#### **3.3.4.2 - QUEIMA**

Segundo (SELHORST, 2001), as telhas são cozidas em fornos a temperaturas que variam de 900° a 1100°. Esses fornos possuem características rústicas e são alimentados por diversos materiais (lenha, bagaço de cana, poda de arvores e etc.).

Na operação de queima ou sinterização, os produtos cerâmicos adquirem suas características finais típicas, como resistência, cor, entre outras, atingidas por uma série de transformações estruturais e químicas, que ocorrem quando as argilas são submetidas ao calor (MORAIS, 2011). A Figura 7 mostra o forno onde ocorre a queima do material.

**Figura 7:** Forno utilizado para queima da telha.



**Fonte:** Autor

A queima dos produtos cerâmicos é realizada em três ou quatro dias, sendo dividida em três estágios (ABC, 2010):

- a) Aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada;
- b) Patamar durante certo tempo na temperatura especificada;
- c) Resfriamento até temperaturas inferiores a 200 °C.

### **3.3.5 - CONTROLE DO PRODUTO ACABADO**

Segundo Pereira (2006), para controle de qualidade são feitas seleções nos materiais em três partes da produção: entrada no forno, saída no forno e no carregamento do material. Há empresas que realizam esse controle através de outras características dos materiais obtidos, realizando alguns ensaios determinados pela norma NBR 15310 (2009), tais como resistência a flexão, dimensões, absorção de água, impermeabilidade e empenamento, para os tipos de telhas regulamentadas pela mesma.

## **3.4 - TIPOS**

De acordo com a NBR 15310 (2009) da ABNT, as telhas cerâmicas podem ser divididas em quatro grupos conforme suas características: telhas planas de sobreposição, telhas planas de encaixe, telhas compostas de encaixe e telhas simples de sobreposição.

### **3.4.1 - TELHA PLANA DE SOBREPOSIÇÃO**

São telhas cerâmicas planas que somente se sobrepõem e que podem ter pinos para o encaixe na estrutura de apoio ou pinos e furos de amarração para fixação. A Figura 8 mostra uma telha plana de sobreposição. (NBR 15310, 2009)

**Figura 8:** Telha plana de sobreposição



**Fonte:** <http://dicasparaconstrucao.com/telhas-ceramicas/>

### **3.4.2 - TELHA PLANA DE ENCAIXE**

São telhas cerâmicas planas que se encaixam por meio de sulcos e saliências, apresentando pinos, ou pinos e furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio. A Figura 9 mostra uma telha plana de encaixe. (NBR 15310, 2009)

**Figura 9:** Telha plana de encaixe



**Fonte:** [www.orzare.com/pt/produtos/telhas/telha-12-marselha-vermelha](http://www.orzare.com/pt/produtos/telhas/telha-12-marselha-vermelha)

### **3.4.3 - TELHAS COMPOSTAS DE ENCAIXE**

Telhas cerâmicas planas que possuem geometria formada por capa e canal no mesmo componente, para permitir o encaixe entre si, possuem pinos, ou pinos e furos

de amarração, para fixação na estrutura de apoio. A Figura 10 mostra uma telha composta de encaixe. (NBR 15310, 2009)

**Figura 10:** Telha composta de encaixe.



**Fonte:** <http://mulher.uol.com.br/casa-e-decoracao/album/telhas>

#### **3.4.4 - TELHAS SIMPLES DE SOBREPOSIÇÃO**

Telhas cerâmicas formadas pelos componentes capa e canal independentes. A concavidade ou convexidade define a utilização como canal ou capa respectivamente. O canal deve apresentar pinos, furos ou pinos e furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio; a capa está dispensada de apresentar furos ou pinos. A Figura 11 mostra uma telha simples de sobreposição. (NBR 15310, 2009)

**Figura 11:** Telha simples de sobreposição.



**Fonte:** <http://mulher.uol.com.br/casa-e-decoracao/album/telhas>

### 3.5 - CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES

Segundo a NBR 15310 (2009) as telhas cerâmicas possuem características importantes para o conforto e a segurança do ambiente onde a mesma foi utilizada. Dentre todas as características, se destacam:

- Isolamento Térmico: a argila queimada ou cozida tem bom comportamento térmico, atuando como isolante tanto para o frio como para o calor.
- Isolamento Acústico: Inibe a propagação externa de sons aéreos.
- Difusão do Vapor: Graças à sua porosidade, a argila cozida absorve a umidade interior das coberturas nos dias úmidos e chuvosos, eliminando-a em condições mais adequadas sob a ação do calor ou vento.
- Variação de Volume: A expansão por umidade e a expansão térmica são reduzidas ao mínimo quando se usa argilas convenientemente processadas e submetidas à queima em condições controladas.
- Resistências ao Fogo: Produtos concebidos da argila, por sua natureza, não são inflamáveis.
- Impermeabilidade: A absorção de água deve ser pequena, de modo a impedir a passagem de água pelo corpo da telha após longos períodos de exposição à chuva.

## **4 - METODOLOGIA DE PESQUISA**

A pesquisa consiste no levantamento de dados para uma avaliação de caráter qualitativo e quantitativo referente a telhas cerâmicas utilizadas em coberturas de residências e ambientes comerciais.

### **4.1 – COLETA E IDENTIFICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA**

Para coleta dos materiais, é necessário um levantamento da quantidade de olarias existentes no município de Crato/CE. Como o município é de porte médio, as olarias ficam todas na mesma região facilitando a busca por informações. Com as pesquisas de campo, verificou-se a presença de 8 olarias na cidade, porém apenas três retornaram e se disponibilizaram a doar as amostras.

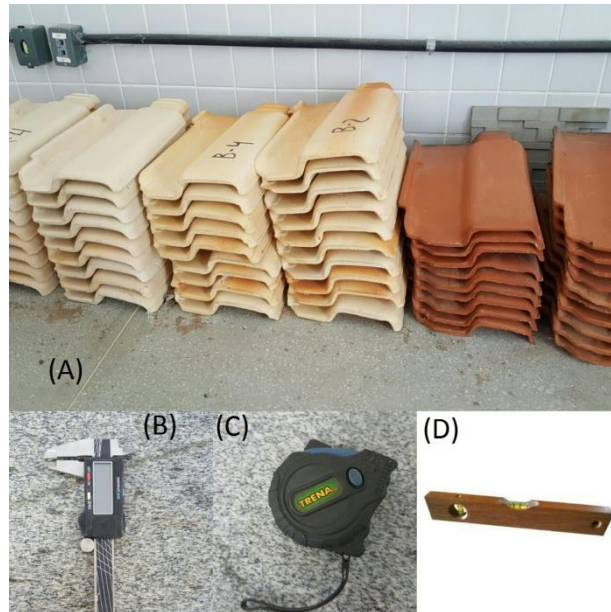
A partir de então, realizou-se visitas nas empresas para seleção das amostras. Para não comprometer a pesquisa, selecionou-se aleatoriamente um grupo de 20 corpos de prova em cada empresa. A quantidade de amostras selecionadas em cada empresa foi feita com base no mínimo exigido pela norma referência do trabalho, a NBR 13510/2009.

Para melhor compreensão das características das telhas pesquisadas, as amostras foram retiradas diretamente de onde são fabricadas e por isso foi possível acompanhar parte do processo de fabricação das mesmas.

### **4.2 – MATERIAIS UTILIZADOS NOS ENSAIOS**

Em todas as olarias foram selecionadas aleatoriamente telhas compostas de encaixe do tipo Romana. As empresas que se disponibilizaram a doar os corpos de prova foram identificadas com letras e números: (A1, A2, ..., A6) A figura 12 nos mostra os materiais utilizados nos ensaios.

**Figura 12:** Materiais utilizados nos ensaios: a) Corpos de prova, b) Paquímetro digital, c) Trena metálica, d) Nível bolha.



**Fonte:** Autor

### 4.3 – ENSAIOS

Os ensaios realizados neste trabalho seguem todo o padrão da NBR 15310 (2009) (Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio) quando referente ao dimensionamento das características geométricas, planaridade, rendimento médio das telhas compostas de encaixe.

#### 4.3.1 – ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Este ensaio consiste na determinação das dimensões dos corpos de prova recolhidos, sendo elas o comprimento efetivo ( $C_e$ ), largura efetiva ( $L_e$ ), posição do pino ( $L_p$ ) e altura do pino ( $H_p$ ).

#### 4.3.1.1–MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

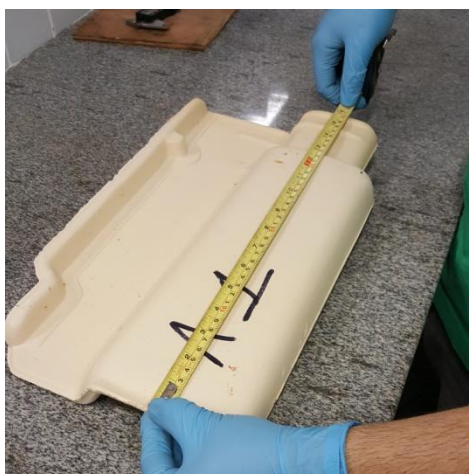
Neste ensaio foram utilizados os seguintes materiais:

- Nível bolha;
- Trena metálica;
- Paquímetro digital.

#### 4.3.1.2 – EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

- Para a realização do ensaio, a norma determina que a superfície seja perfeitamente plana. Logo, com um nível de bolha, verifica-se uma superfície plana para que o corpo de prova não fique submetido a um desnível.
- Com uma trena metálica, mede-se o comprimento efetivo ( $C_e$ ). A Figura 13 nos mostra como foi feita a medição;

**Figura 13:** Medição de comprimento efetivo



**Fonte:** Autor

- III. Com o auxílio de uma trena, mede-se a largura efetiva ( $L_e$ ). A Figura 14 nos mostra como foi feita a medição

**Figura 14:** Medição de largura efetiva



**Fonte:** Autor

- IV. Com uma trena metálica, identifica-se a posição do pino ( $L_p$ ) em cada corpo de prova. A Figura 15 mostra como foi retirada a medição.

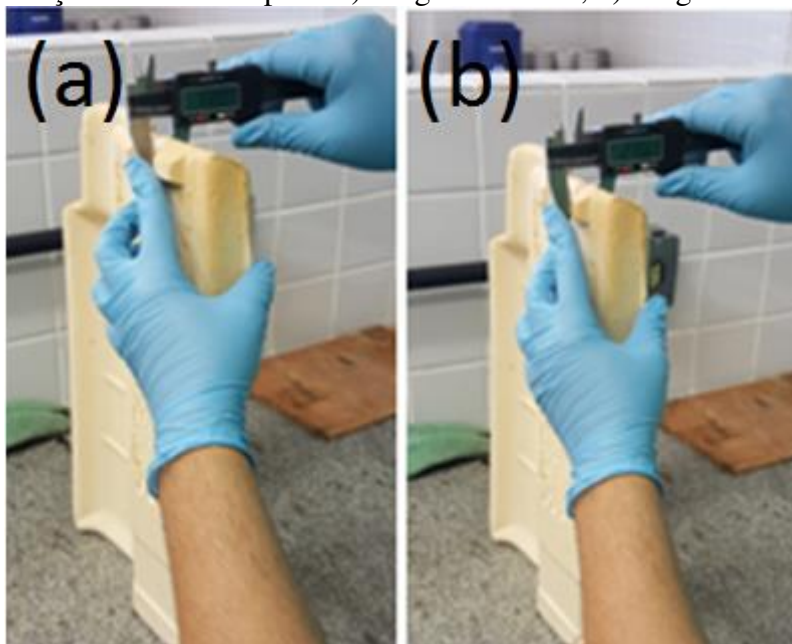
**Figura 15:** Medição da posição do pino



**Fonte:** Autor

- V. Com o auxílio de um paquímetro, calcula-se a altura do pino ( $A_p$ ), subtraindo da altura total, a altura da telha. A Figura 16 nos mostra como foi feita a medição.

**Figura 16:** Medição da altura do pino. a) Largura da telha; b) Largura da telha e do pino



**Fonte:** Autor

#### **4.3.2 – ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE PLANARIDADE**

Este ensaio consiste na determinação da planaridade (PI) dos corpos de prova recolhidos.

##### **4.3.2.1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE PLANARIDADE**

Neste ensaio foram utilizados os seguintes materiais:

- Nível bolha;
- Paquímetro digital.

#### 4.3.2.2 – EXECUÇÃO DO ENSAIO

- I. Com um nível de bolha, verifica-se uma superfície plana para que o corpo de prova não ficasse submetido a um desnível;
- II. As medições nas telhas compostas de encaixe foram feitas apoiando-as completamente na região do canal, com o auxílio de um bloco de concreto, e medindo-se os afastamentos em relação à superfície de apoio, em duas extremidades e na região da capa; essas medições foram feitas com paquímetro. Na região do canal foram feitas três medições dos afastamentos pontuais, em relação à superfície de apoio, nas extremidades e no centro. A figura 17 nos mostra como foi feito o ensaio.
- III. A planaridade da capa é dada pela diferença entre as duas medidas obtidas nas medições. A planaridade do canal é dada pela maior diferença entre as três medidas obtidas nos ensaios.

**Figura 17:** Ensaio de planaridade



**Fonte:** Autor

#### 4.3.3 – ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE RENDIMENTO MÉDIO

Este ensaio consiste na determinação do rendimento médio ( $R_m$ ) das telhas produzidas pelas três olarias.

#### 4.3.3.1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE RENDIMENTO MÉDIO

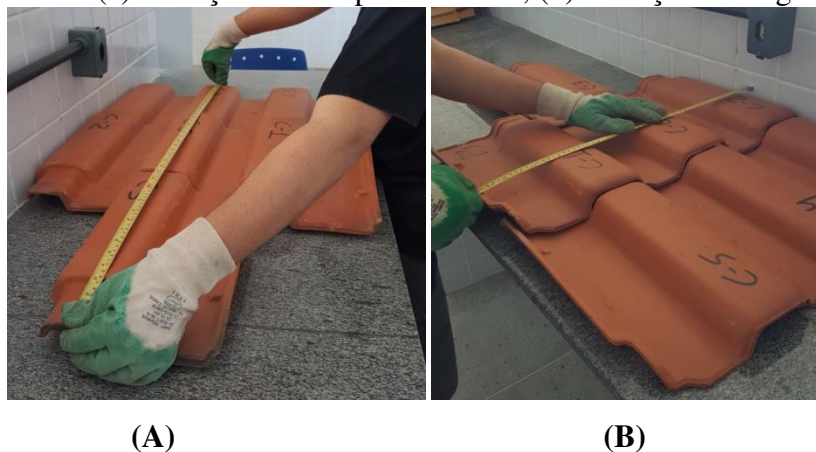
Nesse ensaio foram utilizados os seguintes materiais:

- Trena metálica.

#### 4.3.3.1 – EXECUÇÃO DO ENSAIO

- Para determinação do rendimento médio da telhas, precisou-se de sete telhas;
- Uma telha é fixada no centro e as outras ajustadas em volta;
- Mede-se o comprimento útil e a largura útil para o ajuste de telhas obtidos, como mostra a figura 18;

**Figura 18:** (a) Medição do comprimento útil; (b) Medição da largura útil



**Fonte:** Autor

- IV. Os valores médios da largura e do comprimento são obtidos pela média aritmética. Os valores médios são obtidos de médias aritméticas e são usados na determinação da área útil média, definida como área útil da telha (Au).

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos objetivos deste trabalho serão apresentados os valores encontrados nos ensaios de determinação das características geométricas, planaridade e rendimento médio, fazendo uma comparação com os valores exigidos e aceitados pela NBR 15310 (2009) da ABNT.

### 5.1 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Quanto a identificação do fabricante gravados em relevo ou reentrância, apenas as Olarias A e B identificaram o município e o estado federativo. E as três Olarias identificaram conforme a norma: o modelo da telha, o rendimento médio expresso em telhas por metro quadrado e as dimensões.

De acordo com os ensaios realizados, foram obtidos os resultados expressos nas tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1:** Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria A

| Cerâmica                           | Nº da amostra | Comprimento efetivo C(mm) | Largura Efetiva L(mm) | Posição do pino LP (mm) | Altura do pino HP (mm) |
|------------------------------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| A                                  | 1             | 411                       | 241                   | 387                     | 9,0                    |
| A                                  | 2             | 411                       | 238                   | 389                     | 8,3                    |
| A                                  | 3             | 411                       | 239                   | 387                     | 8,1                    |
| A                                  | 4             | 414                       | 243                   | 390                     | 6,4                    |
| A                                  | 5             | 414                       | 240                   | 388                     | 7,2                    |
| A                                  | 6             | 409                       | 236                   | 387                     | 8,0                    |
| Média                              |               | 411,6                     | 239,5                 | 388                     | 7,8                    |
| Maior diferença da média           |               | 2,6                       | 3,5                   | 2                       |                        |
| Porcentagem da maior diferença (%) |               | 0,63                      | 1,46                  | 0,6                     | -                      |
| Porcentagem permitida pela norma   |               | 2                         | 2                     | 2                       | -                      |
| Menor altura do pino (mm)          |               | -                         | -                     | -                       | 7                      |

Fonte: Autor

**Tabela 2:** Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria B

| Cerâmica                                  | Nº da amostra | Comprimento efetivo C(mm) | Largura Efetiva L(mm) | Posição do pino LP (mm) | Altura do pino HP (mm) |
|-------------------------------------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| B                                         | 1             | 406                       | 229                   | 385                     | 7,2                    |
| B                                         | 2             | 404                       | 229                   | 382                     | 7                      |
| B                                         | 3             | 403                       | 230                   | 382                     | 6,8                    |
| B                                         | 4             | 404                       | 229                   | 386                     | 7,4                    |
| B                                         | 5             | 401                       | 230                   | 381                     | 7,9                    |
| B                                         | 6             | 402                       | 229                   | 382                     | 6,9                    |
| <b>Média</b>                              |               | 403,3                     | 229,3                 | 383                     | 7,2                    |
| <b>Maior diferença da média</b>           |               | 2,7                       | 0,7                   | 3                       |                        |
| <b>Porcentagem da maior diferença (%)</b> |               | 0,66                      | 0,30                  | 0,78                    | -                      |
| <b>Porcentagem permitida pela norma</b>   |               | 2                         | 2                     | 2                       | -                      |
| <b>Menor altura do pino (mm)</b>          |               | -                         | -                     | -                       | 7                      |

**Fonte:** Autor**Tabela 3:** Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria C

| Cerâmica                                  | Nº da amostra | Comprimento efetivo C(mm) | Largura Efetiva L(mm) | Posição do pino LP (mm) | Altura do pino HP (mm) |
|-------------------------------------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| C                                         | 1             | 395                       | 231                   | 367                     | 7,8                    |
| C                                         | 2             | 394                       | 230                   | 367                     | 7,2                    |
| C                                         | 3             | 392                       | 232                   | 366                     | 7,1                    |
| C                                         | 4             | 393                       | 229                   | 366                     | 7,1                    |
| C                                         | 5             | 394                       | 230                   | 366                     | 7,3                    |
| C                                         | 6             | 394                       | 231                   | 366                     | 6,6                    |
| <b>Média</b>                              |               | 393,6                     | 230,5                 | 366,3                   | 7,1                    |
| <b>Maior diferença da média</b>           |               | 1,6                       | 1,5                   | 0,7                     |                        |
| <b>Porcentagem da maior diferença (%)</b> |               | 0,40                      | 0,65                  | 0,19                    | -                      |
| <b>Porcentagem permitida pela norma</b>   |               | 2                         | 2                     | 2                       | -                      |
| <b>Menor altura do pino (mm)</b>          |               | -                         | -                     | -                       | 7                      |

**Fonte:** Autor

Segundo a norma, as medidas padrões para a telha composta de encaixe do tipo Romana são de: (C=400mm; L=220mm; LP=365mm) com uma variação aceita de + ou – 2%. Comparando com esses valores, quanto ao comprimento efetivo, apenas a Olaria B atende a norma. Em relação a largura efetiva, nenhuma Olaria atendeu a norma. Já em relação a posição do pino, apenas a Olaria C atendeu a norma.

Porém foi visto que os valores informados em relevo ou reentrância das telhas eram diferentes da norma. Na tabela 4 está expresso os valores informados pelas Olarias:

**Tabela 4:** Valores informados pelas Olarias

| Olaria | Comprimento Efetivo C (mm) | Largura Efetivo L (mm) | Posição do pino LP (mm) | Altura do pino HP (mm) |
|--------|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| A      | 410                        | 240                    | 390                     | 7                      |
| B      | 440                        | 260                    | 415                     | 7                      |
| C      | 400                        | 225                    | 370                     | -                      |

**Fonte:** Autor

Então foi feito uma comparação entre a média das telhas de cada Olaria, com as telhas das mesmas para verificar se entre elas havia uma diferença maior que a permitida pela norma. Dentro da variação de + ou – 2%, todas as três Olarias estão aptas para uso já que nenhuma telha teve uma diferença maior que a permitida.

Quanto a altura do pino, se usarmos a media das telhas usadas nos ensaios, todas as três Olarias respeitaram o mínimo de 7 (sete) milímetros para o pino de encaixe. Porém se formos analisar individualmente os corpos de prova, algumas telhas das Olarias B e C seriam reprovadas por não respeitar a norma.

## **5.2 –ENSAIO DE PLANARIDADE.**

De acordo com os ensaios realizados, foram obtidas as medias expressas nas tabelas 5, 6 e 7.

**Tabela 5:** Resultados do ensaio de planaridade – Olaria A

| AMOSTRA | DP1  | DP2  | DP3 | DP4 | DP5 | PL Capa | PL Canal |
|---------|------|------|-----|-----|-----|---------|----------|
| A1      | 17   | 21   | 5   | 2,8 | 2,1 | 4       | 1,9      |
| A2      | 18,5 | 18,7 | 4,1 | 5,4 | 5,8 | 0,2     | 5,6      |
| A3      | 19,6 | 18,4 | 4,5 | 3,4 | 2,5 | 1,2     | 2,2      |
| A4      | 18,5 | 16,1 | 5,9 | 5,4 | 3,1 | 2,4     | 3        |
| A5      | 15,8 | 14,1 | 5,8 | 5,5 | 4,7 | 1,7     | 3,8      |
| A6      | 14,9 | 13,9 | 5,2 | 3,8 | 1,1 | 1       | 2,8      |
| Media   |      |      |     |     |     | 1,75    | 3,21     |

**Fonte:** Autor**Tabela 6:** Resultados do ensaio de planaridade – Olaria B

| AMOSTRA | DP1  | DP2  | DP3 | DP4 | DP5 | PL Capa | PL Canal |
|---------|------|------|-----|-----|-----|---------|----------|
| B1      | 12,9 | 13,2 | 7,4 | 2,6 | 4,3 | 0,3     | 4,8      |
| B2      | 16,8 | 16,5 | 6,1 | 4   | 4,4 | 0,3     | 2,1      |
| B3      | 11,3 | 14,4 | 5   | 5,3 | 3,8 | 3,1     | 1,5      |
| B4      | 20,9 | 15,8 | 5,7 | 5,1 | 5   | 5,1     | 0,7      |
| B5      | 14,8 | 13,4 | 6,5 | 5,4 | 4   | 1,4     | 2,5      |
| B6      | 18,4 | 16,4 | 7,2 | 4,1 | 4,1 | 2       | 3,1      |
| Media   |      |      |     |     |     | 2,03    | 2,45     |

**Fonte:** Autor**Tabela 7:** Resultados do ensaio de planaridade – Olaria C

| AMOSTRA | DP1  | DP2  | DP3 | DP4 | DP5 | PL Capa | PL Canal |
|---------|------|------|-----|-----|-----|---------|----------|
| C1      | 17,4 | 17,5 | 2,3 | 3   | 2,3 | 0,1     | 0,7      |
| C2      | 17,1 | 16,2 | 2,8 | 3   | 3,5 | 0,9     | 0,7      |
| C3      | 15,8 | 15,1 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 0,7     | 0,4      |
| C4      | 17,4 | 17,3 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 0,1     | 0,4      |
| C5      | 17   | 17,3 | 1,8 | 1,8 | 2,1 | 0,3     | 0,3      |
| C6      | 23,1 | 22,6 | 3,9 | 1,9 | 2,5 | 0,5     | 2        |
| Media   |      |      |     |     |     | 0,43    | 0,75     |

**Fonte:** Autor

Se analisarmos os valores das médias das planaridades na capa e canal da telha, percebemos que as três olarias estão aptas a serem comercializadas de acordo com a norma. Porém, se analisarmos os corpos de prova individualmente, apenas três telhas não respeitaram a norma: a telha A2 e B4 pois excedem o limite de 5 (cinco) milímetros e a telha B1 que excede o valor de 1% do comprimento efetivo da telha.

### 5.3 – RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE RENDIMENTO MEDIO.

As tabelas 8, 9 e 10 nos mostra os resultados das medições no ensaio de rendimento médio obtido para o conjunto de telha de cada olaria.

**Tabela 8:** Resultados do ensaio de rendimento médio – Olaria A

| Cerâmica     | Medição | Longitudinal (m) | Transversal (m) | Área útil (m²) |
|--------------|---------|------------------|-----------------|----------------|
| A            | 1       | 1,07             | 0,62            | 0,66           |
| A            | 2       | 1,07             | 0,61            | 0,65           |
| A            | 3       | 1,07             | 0,61            | 0,65           |
| A            | 4       | 1,07             | 0,62            | 0,66           |
| A            | 5       | 1,07             | 0,61            | 0,65           |
| A            | 6       | 1,07             | 0,61            | 0,65           |
| <b>Media</b> |         | 1,07             | 0,61            | 0,65           |

**Fonte:** Autor

**Tabela 9:** Resultados do ensaio de rendimento médio – Olaria B

| Cerâmica     | Medição | Longitudinal (m) | Transversal (m) | Área útil (m²) |
|--------------|---------|------------------|-----------------|----------------|
| B            | 1       | 1,06             | 0,62            | 0,65           |
| B            | 2       | 1,06             | 0,61            | 0,64           |
| B            | 3       | 1,06             | 0,62            | 0,65           |
| B            | 4       | 1,07             | 0,62            | 0,66           |
| B            | 5       | 1,06             | 0,62            | 0,65           |
| B            | 6       | 1,06             | 0,62            | 0,65           |
| <b>Media</b> |         | 1,06             | 0,61            | 0,65           |

**Fonte:** Autor

**Tabela 10:** Resultados do ensaio de rendimento médio – Olaria C

| Cerâmica     | Medição | Longitudinal (m) | Transversal (m) | Área útil (m²) |
|--------------|---------|------------------|-----------------|----------------|
| C            | 1       | 1,03             | 0,60            | 0,61           |
| C            | 2       | 1,04             | 0,60            | 0,62           |
| C            | 3       | 1,03             | 0,60            | 0,61           |
| C            | 4       | 1,03             | 0,60            | 0,61           |
| C            | 5       | 1,03             | 0,60            | 0,61           |
| C            | 6       | 1,03             | 0,60            | 0,61           |
| <b>Media</b> |         | 1,03             | 0,60            | 0,61           |

**Fonte:** Autor

Os valores do rendimento médio para cada amostra de telha é calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{Rendimento médio} = 1/\text{Au}$$

Como na área determinada pela largura útil e comprimento útil no ensaio caberia um total de 9 telhas, 3 em cada linha horizontal (sobreposição transversal) e 3 em cada linha vertical (sobreposição longitudinal), os valores para a área útil de um corpo de prova é encontrado dividindo o resultado da medição transversal por 3 e os da longitudinal por 3. A tabela 11 nos mostra os valores da área útil e do rendimento médio para cada telha analisada.

**Tabela 11:** Valores da área útil e rendimento médio

| Olaria | Comprimento Útil de cada telha | Largura Útil de cada telha | Área útil de cada telha (m²) | Rendimento Médio (T/m²) | Valor informado pela Olaria |
|--------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| A      | 0,356                          | 0,203                      | 0,072                        | 13,88                   | 15                          |
| B      | 0,343                          | 0,200                      | 0,068                        | 14,70                   | 12                          |
| C      | 0,353                          | 0,206                      | 0,072                        | 13,88                   | 16                          |

**Fonte:** Autor

O valor determinado para rendimento médio de telhas composta de encaixe do tipo romana não foi encontrado na norma, então foi feito uma consulta em empresas especializadas em vendas de telhas cerâmicas e o valor informado pelas mesmas é de 16 telhas por metro quadrado, com uma margem de erro de + ou - 4%. Portanto nenhuma das Olarias atende a norma. Se compararmos os valores obtidos nos testes com os

valores informados pelas Olarias, as telhas também estariam reprovadas já que os valores diferem bastantes dos obtidos.

## 6 – CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos resultados obtidos nos ensaios de características geométricas, planaridade e rendimento médio, é possível chegar a conclusão de que as telhas produzidas e comercializadas na cidade de Crato – CE, não obedecem a norma NBR 15310:2009.

Todas as telhas trouxeram suas informações em relevo ou reentrância como é exigido pela norma. Quanto às características geométricas, quando comparado com os valores exigidos, nenhuma está apta a comercialização, porém todas obedeceram um padrão de diferença máxima entre os corpos de prova de + ou – 2% o que permite sua utilização sem comprometer o ambiente. Já no teste de planaridade, as três Olarias apresentaram valores permitidos. Porém se a análise for feita individualmente, uma telha da Olaria A e duas telhas da Olaria B não atenderam os valores permitidos. Quanto ao ensaio de rendimento médio, todas as Olarias foram reprovadas, já que os valores obtidos nos testes e os valores fornecidos pelos produtores diferem bastante do permitido.

A partir dos valores obtidos nesses ensaios, chegamos a conclusão que pode ter ocorrido algum erro no método de produção ou um erro na verificação da qualidade do material. Portanto seria necessário um acompanhamento no processo de produção, e um estudo mais aprofundado dos materiais utilizados pelas olarias para saber o motivo das telhas produzidas não obedecerem a norma.

## 7 – REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. L. F. **Estudo da formulação de massas cerâmicas provenientes da região do Seridó-RN para fabricação de telhas.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: [www.abceram.org.br](http://www.abceram.org.br). Acesso em: 17 de setembro de 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Revista Anicer (2013) Ano XVI – Edição 81, Abril, p. 35

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR:15310 – Materiais cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio – define as especificações das telhas cerâmicas utilizadas em coberturas.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** Vol. 2, 5ª ed. Livro Técnicos e Científicos Editora Ltda. Rio de Janeiro, 1994.

BASTOS, F. A. **Avaliação do processo de fabricação de telhas e blocos cerâmicos visando a certificação do produto.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CARDOSO. F. F. 2000. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil – Tecnologia da Construção de Edifícios I.

CAVALCANTI, Rafael Bezerra; SOUZA, Maria Rosimar. **MATÉRIAS-PRIMAS DO VALE DO APODI PARA USO NA INDÚSTRIA CERÂMICA ESTRUTURAL.**

DABNEY, S. G. M. **Análise das propriedades termofísicas, mecânicas e geométricas de telhas cerâmicas queimadas em forno caieira e forno abóbada.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

FACINCANI, E. **Coletânea de Tecnologia Cerâmica: cerâmica estrutural.** 1ªed., São Paulo: Faenza Editora do Brasil, 2002.

GAIDZINSKI, R., DUAILLIBI FH., J., TAVARES, L. M. M., **Sazonamento e homogeneização de argilas em pilhas.** Cerâmica Industrial, 2005.

MACEDO, R. M. P. R. **Aplicação da metodologia de planejamento de experimentos para formulação de massas cerâmicas para telhas.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN/PPgCEM, Natal – RN.

MORAIS, D. S. G. de., **Análise das propriedades termofísicas, mecânicas e geométricas de telhas cerâmicas queimadas em forno caieira e forno abóbada.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

PASCHOAL, J. A. A., **Estudos de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PEREIRA, M. A., **Determinação de parâmetros da qualidade para a avaliação de recobrimentos superficiais de telhas cerâmicas.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SELHORST, Mário. **Ensino de normas técnicas para a verificação de qualidade de produtos de cerâmica vermelha utilizando sistema especialista.** 2001. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SOBRINHO PICUI. Disponível em

<[http://sobrinhopicui.blogspot.com.br/2014\\_06\\_01\\_archive.html](http://sobrinhopicui.blogspot.com.br/2014_06_01_archive.html)>. Acessado em 22/07/2014.

THOMAZELLA, H. R. **A influência do sazonalismo na mudança das características, físico-químicas e tecnológicas das argilas para cerâmica vermelha na região de Rio Claro – SP.** 1999. 95f., Dissertação (Mestrado em Geociências – Geologia Regional) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo, 1999.