



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI ÁRIDO
DEPARTAMENTO *CAMPUS* CARAÚBAS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GIOVANINNY GEORGE DUARTE DE LIMA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E
RENDIMENTO MÉDIO DE TELHAS PRODUZIDAS EM
APODI/RN E RUSSAS/CE**

CARAÚBAS - RN
2014

GIOVANINNY GEORGE DUARTE DE LIMA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E
RENDIMENTO MÉDIO DE TELHAS PRODUZIDAS EM
APODI/RN E RUSSAS/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: Erica Natasche de Medeiros Gurgel
Pinto - UFERSA

CARAÚBAS - RN
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Campus Caraúbas (BCC)

L732a Lima, Giovaninny George Duarte de.

Avaliação das características geométricas e rendimento médio de telhas produzidas em Apodi-RN e Russas-CE / Giovaninny George Duarte de Lima-- Caraúbas, RN, 2014.

54f. : il.

Orientador(a): Prof. Dra. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

1.Blocos cerâmicos. 2. Construção civil. 3. Indústria de cerâmica vermelha. 4. Padronização. I. Título..

RN/UFERSA/BCC

CDD: 691.4

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB-15/700

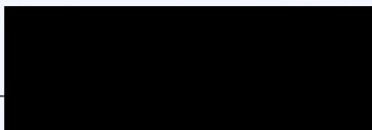
GIOVANINNY GEORGE DUARTE DE LIMA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS
E RENDIMENTO MÉDIO DE TELHAS PRODUZIDAS EM
APODI/RN E RUSSAS/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.

APROVADO EM 30 / 07 / 2014

BANCA EXAMINADORA


Profª. Drª. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto - UFERSA
Orientador - Presidente


Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral - UFERSA
Primeiro Membro


Profª. Ms. Cibele Gouveia Costa Chianca - UFERSA
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus, pai de todos que aqui habitam por me trazer forças e esperanças nos momentos mais difíceis que passei, desde minha vida pessoal até a acadêmica.

Aos meus pais Edilma e Giovan, que sempre enfrentaram todas as dificuldades para me apoiar e me ver crescendo.

Aos meus avós que nunca deixaram de me dá as mãos. Que sempre foram minhas bases e serviram de inspiração para o meu caráter.

Aos meus irmãos e irmãs Geane, Gian, Jordânia e Gidean, que me trouxeram muitos sorrisos e compartilharam muitas das minhas alegrias.

Ao meu sobrinho Renan, que é um dos meus maiores orgulhos.

A todos os meus familiares, que sempre estavam por perto, dedicando um pouco de seu tempo a mim.

A minha orientadora Érica Natasche pelo incentivo e colaboração pra minha formação acadêmica.

A minha namorada Keuri Fernandes, por está sempre perto, por não me deixar pensar em desistir, por me incentivar e apoiar mesmo nas situações mais complicadas.

A todos os docentes que contribuíram de alguma maneira para minha formação acadêmica.

Aos meus amigos que por muito tempo dividiram residência comigo Zilton, Ronyellison, Paulo Victor, Josivanir, Samuel, Joatan, Hugo, Moisés, Diogo e Thiago.

A todos os amigos que contribuíram para a realização desse trabalho Keuri, Kerolaynny, Sonally, Cristina, Zilton e Hugo.

A Maria Nizete e Francisco Cândido, pessoas que possuem uma imensa força de vontade, que são guerreiros e honestos. Souberam ser pais e avós ao mesmo tempo, que souberam educar, passar-me qualidades não só válidas para minha formação acadêmica, mas também para minha formação humana.

DEDICO

“Aprender é a única coisa de que
a mente nunca se cansa, nunca
tem medo e nunca se arrepende”.

(Leonardo da Vinci)

RESUMO

Tendo em vista a sua facilidade de fabricação, a indústria cerâmica é uma das mais antigas do mundo, com registros de materiais fabricados no período neolítico, isso acontece devido não apresentarem dificuldades em seus processos de fabricação. Um desses materiais mais utilizados na engenharia civil é a telha cerâmica. Na região do médio oeste do estado do Rio Grande do Norte, a telha cerâmica do tipo simples de sobreposição é o material mais utilizado para coberturas de pequenas e grandes construções, dando a essas construções uma ótima vedação nos ambientes internos. O presente trabalho faz uma avaliação qualitativa desses materiais com relação às características dimensionais, planaridade e rendimento médio, verificando se os mesmos obedecem aos critérios exigidos pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Através de um levantamento de dados obtidos quando elaborados os ensaios que são normatizados pela NBR 15310:2009, obtiveram-se resultados indesejados pelas fabricantes e concluímos que esse material não atende a norma quanto aos quesitos solicitados, portanto, o mesmo não está apto à comercialização.

Palavras-chave: telha; cerâmica; avaliação.

ABSTRACT

In view of the facility of manufacture, the ceramic industry is one of the oldest in the world, with records of materials manufactured in the Neolithic period, this happens in cause of not having difficulties in their manufacturing processes. One of these most used materials in civil engineering is ceramic tile. In the middle western state of Rio Grande do Norte region, ceramic tile simplest kind of overlap is the most common material used for roofing of small and large buildings, giving these buildings a great seal in indoor environments. The present study is a qualitative assessment of these materials with respect to the dimensional characteristics, flatness and middle income, making sure they obey the criteria required by ABNT (Brazilian Technical Standards Association). Through a data collection obtained when elaborate tests that are standardized by the NBR 15310:2009 yielded unwanted by manufacturers and concluded that this material does not obey the standard asked questions about the results, so it is not fit for marketing.

Palavras-Chave: Tile; Ceramics; Review.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aceitação e rejeição dos corpos de prova em amostragem simples.	37
Tabela 2: Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria A.	46
Tabela 3: Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria B.	47
Tabela 4: Resultados dos ensaios de características dimensionais – Olaria C.	47
Tabela 5: Resultados dos ensaios de planaridade.	48
Tabela 6: Resultados dos ensaios de rendimento médio – Olaria A.	49
Tabela 7: Resultados dos ensaios de rendimento médio – Olaria B.	49
Tabela 8: Resultados dos ensaios de rendimento médio – Olaria C.	50
Tabela 9: Resultados da determinação do rendimento médio.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Telha plana de sobreposição	22
Figura 2: Telha plana de encaixe, tipo francesa.	23
Figura 3: Telha composta de encaixe.	24
Figura 4: Telha simples de sobreposição, tipo colonial.....	24
Figura 5: Extração da argila na barreira.	26
Figura 6: Estocagem da argila.	27
Figura 7: Preparação da matéria-prima.	28
Figura 8: Máquina usada para extrusão de telhas cerâmicas.	29
Figura 9: Máquina utilizada no corte de materiais cerâmicos logo após a extrusão.	29
Figura 10: Prensa utilizada na fabricação de telhas cerâmicas.....	30
Figura 11: Secagem ao ar livre na indústria da cidade de Apodi/RN.	31
Figura 12: Queima de cerâmica em forno tipo abóboda.	32
Figura 13: Representação da planaridade.....	34
Figura 14: Materiais utilizados nos ensaios: a) Corpos de prova, telhas; b) Paquímetro; c) Trena metálica; d) Nível de bolha; e) Fita adesiva e f) Lapiseira e borracha.....	39
Figura 15: Determinação da superfície plana utilizada no ensaio de planaridade.....	40
Figura 16: Medição do comprimento efetivo (C_e).....	40
Figura 17: Medição da largura efetiva (L_e).....	41
Figura 18: Medição da posição do pino (L_p).	41
Figura 19: Medição da altura do pino (A_p).	42
Figura 20: Medição da planaridade (PI).	43
Figura 21: Marcação das sobreposições encontradas.....	44
Figura 22: Telhas ajustadas para o ensaio de rendimento médio.	44
Figura 23: Medições do ensaio: a) comprimento útil e b) largura útil.	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivos Gerais	16
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. Materiais cerâmicos	17
3.1.1. Argila	18
3.1.1.1. Tipos de argilas.....	18
3.1.1.2. Tipos de depósitos de argila	18
3.1.2 Argilominerais	18
3.1.3. Propriedades das argilas	19
3.1.3.1. Plasticidade das argilas	19
3.1.3.2. Retração	20
3.1.3.3 Efeito ao calor.....	20
3.1.4. Propriedades das cerâmicas	21
3.1.4.1. Peso específico aparente	21
3.1.4.2. Resistência ao desgaste.....	21
3.1.4.3. Resistência mecânica.....	21
3.2. Telhas cerâmicas.....	22
3.2.1. Tipos de telhas	22
3.2.1.1. Telhas planas de sobreposição.....	22
3.2.1.2. Telhas planas de encaixe	23
3.2.1.3. Telhas compostas de encaixe.....	23
3.2.1.4. Telhas simples de sobreposição.....	24
3.3. Processos de fabricação dos materiais cerâmicos.....	25
3.3.1. Extração e estocagem das matérias-primas	25
3.3.1.1. Extração das argilas	26
3.3.1.2. Estocagem.....	26
3.3.2. Preparação da matéria prima	27
3.3.3. Conformação	28
3.3.3.1. Extrusão	28
3.3.3.2. Corte	29

3.3.3.3. Prensagem.....	30
3.3.4. Processamento (secagem e queima)	31
3.3.4.1. Secagem.....	31
3.3.4.2. Queima	32
3.3.5. Controle do produto acabado.....	32
3.4. Norma que define as características das telhas cerâmicas.....	33
3.4.1. Inspeção por ensaios	33
3.4.1.1. Características dimensionais.....	34
3.4.1.2. Planaridade	34
3.4.1.3. Rendimento médio.....	35
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	36
4.1. Coleta e identificação dos corpos de prova	36
4.2. Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios das amostras recolhidas.....	37
4.2.1. Para os ensaios de características dimensionais e planaridade.....	37
4.2.2. Para o ensaio de rendimento médio	38
4.3. Materiais utilizados	38
4.4. Ensaios.....	39
4.4.1. Ensaio de determinação das características geométricas.....	39
4.4.1.1. Execução do ensaio	40
4.4.2. Ensaio de determinação da planaridade.....	42
4.4.2.1. Execução do ensaio	42
4.4.3. Ensaio de determinação do rendimento médio.....	43
4.4.3.1. Execução do ensaio	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1. Resultados obtidos no ensaio de determinação das características geométricas	46
5.2. Resultados obtidos no ensaio de planaridade	48
5.3. Resultados obtidos no ensaio de rendimento médio.....	49
6. CONCLUSÃO.....	51
7. REFERÊNCIAS	52

1 - INTRODUÇÃO

Nas mais diversas áreas da engenharia civil notam-se uma infinidade de tipos de materiais utilizados nas construções. Um dos que mais merecem destaque são os materiais cerâmicos, devido o seu amplo número de aplicações, desde alvenaria estrutural até revestimentos mais sofisticados de ambientes internos e paredes.

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, 1994).

Com um processo de fabricação simples e uma falta de exigência de qualidade dos produtos cerâmicos por parte dos consumidores ocorre um grande número de fabricantes, principalmente indústrias de pequeno porte, levando a fabricação de artefatos cerâmicos sem qualidade que acabam abastecendo o mercado da construção civil, o que acarreta problemas futuros nas edificações (BISPO, 2009).

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; WILLIAMS, 2002. Apud BASTOS, 2003).

As argilas são as principais matérias-primas necessárias para a produção de telhas simples de sobreposição. São materiais que tem composição granulométrica muito pequena, e que por isso, apresentam um comportamento plástico ao ser misturado com determinadas quantidades de água. Assim, tornam-se bastante moldáveis, tornando fácil obter peças de diversas formas para que a telha tenha um bom rendimento. Por ser um material que pode ser submetido a altas temperaturas, ao passar por esse processo, a argila ganha uma grande resistência mecânica (mais vidro formado). Conhecer uma argila e seus constituintes é de fundamental importância para o processo de fabricação, pois a presença e a quantidade de cada um dos componentes é o que define as propriedades de cada argila.

Na região do médio oeste potiguar, localizada próxima a alguns polos de produção como Apodi/RN, o material cerâmico mais utilizado em telhados é telha do tipo simples de sobreposição ou colonial, devido suas características serem herdadas da argila

depois de fabricadas, ou seja, após a sua matéria-prima passar por processos que visam obter as características desejáveis tais como: resistência à flexão, impermeabilidade, geometria (forma) etc. A partir disso, observa-se a necessidade de realizar ensaios para verificação de suas propriedades. O processo de caracterização desses materiais é baseado na norma brasileira NBR 15310 (2009) da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Mesmo com normas estabelecidas, critérios a serem seguidos, as telhas simples de sobreposição ainda apresentam alguns defeitos e ilegalidades devido a sua maneira artesanal de fabricação que são usadas por diversas empresas. Com esse tipo de fabricação, o material fica mais propício a apresentar irregularidades e deformações.

2 – OBJETIVOS

Verificar se o material em estudo obedece a todos os critérios exigidos pela NBR 15310 (2009) da ABNT, quanto ao que se referem as suas características geométricas e rendimento médio para que possam ser comercializadas.

2.1 Objetivos Gerais

Analisar a geometria e o rendimento médio das telhas do tipo simples de sobreposição que são comercializadas na região do médio oeste do Rio Grande do Norte com base na NBR 15310 (2009).

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar suas dimensões básicas;
- Verificar a sua planaridade;
- Determinar o seu rendimento médio.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 – Materiais cerâmicos

A cerâmica vermelha é muito utilizada para os mais diversos fins e aplicações, tanto estruturais, quanto artesanais, devido assumirem propriedades consideráveis no decorrer do seu processo de fabricação, se destacando principalmente os materiais utilizados na engenharia civil, tais como: Tijolos para alvenaria, telhas para coberturas de pequenas e grandes construções, revestimentos de pisos e paredes e entre outras utilidades.

Sendo uma das mais antigas indústrias do mundo, a indústria da cerâmica tem provável início quando o homem obtém produtos cerâmicos a partir do cozimento da argila, primeiro ao sol e depois em fornos, tendo sido iniciada nos lugares onde escasseava a pedra e eram abundantes os materiais argilosos. No período neolítico o homem calafetava cestas de vime com barro, posteriormente verificou que poderia dispensar o vime e fez potes só com o barro, por meio do processo de observação o homem viu que o calor fazia o barro endurecer, surgindo assim à indústria cerâmica propriamente dita (PETRUCCI, 1998).

De acordo com Bauer (2013), 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.

Segundo Padilha (1997), os materiais cerâmicos são normalmente, combinações de metais com elementos não metálicos. [...] São também mais resistentes à altas temperaturas e a ambientes corrosivos que os metais e polímeros. Eles são muito duros, porém frágeis.

Ainda segundo Padilha (1997), a cerâmica vermelha (telhas, tijolos e manilhas) [...] é constituída principalmente de silicatos hidratados de alumínio, [...]. O óxido de ferro é que confere a cor avermelhada de muitos produtos cerâmicos.

3.1.1 – Argila

É um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, constituída essencialmente de argilominerais (silicato de alumínio ou magnésio hidratado), podendo conter outros tipos de minerais tais como quartzo, mica, pirita, hematita, etc., matéria orgânica e outras impurezas (BOUTH, 2008. Apud MORAIS, 2011).

De acordo com Bauer (1994), os tipos de argilas e de seus depósitos são definidos da seguinte maneira.

3.1.1.1 – Tipos de argilas

- a.* argilas de cor de cozimento branca: caulins e argilas plásticas;
- b.* argilas refratárias: caulins, argilas refratárias e argilas altamente aluminosa;
- c.* argilas para produtos de grês;
- d.* argilas para materiais cerâmicos estruturais, amarelas ou vermelhas.

3.1.1.2- Tipos de depósitos de argila

- a.* na superfície das rochas, como resultado da decomposição superficial das mesmas;
- b.* nos veios e trincas das rochas;
- c.* nas camadas sedimentares, onde foram depositadas por ventos e chuvas.

3.1.2 – Argilominerais

Segundo Bauer (1994), os argilominerais são silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio, comumente com alguma porcentagem de álcalis e de alcalino-terrosos. Junto com esses elementos básicos vem sílica, mica, ferro, cálcio, magnésio, matéria orgânica etc. [...] São a mistura de substâncias minerais resultante da desagregação do feldspato das

rochas ígneas, por ação da água e gás carbônico. Devido existir tanto rochas ígneas quanto feldspatos de diversos tipos, há também diversos tipos de argilominerais.

Estando a argila na presença de água, os argilominerais conferem uma série de propriedades tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas. Os principais grupos de argilominerais são caulinita, illita e esmectitas ou montmorilonita. A presença de outros minerais na argila, muitas vezes é considerada como impurezas, podendo afetar substancialmente suas características para uma dada aplicação, por esta razão os minerais indesejáveis são eliminados por processos físicos (ABC – Associação Brasileira de Cerâmica).

3.1.3 – Propriedades das argilas

As propriedades mais importantes das argilas são a plasticidade, a retração e o efeito ao calor. Nas cerâmicas, o interesse se situa no peso, resistência mecânica, resistência ao desgaste, absorção de água e duração (BAUER, 1994).

3.1.3.1 - Plasticidade das argilas

A plasticidade pode ser definida como sendo uma propriedade do material, que o torna capaz de deformar-se por ação de uma força, e manter essa deformação quando a aplicação dessa força é interrompida (SANTOS, 1989).

Segundo Cavalcanti (2009), o estado plástico é um estado intermediário entre o estado sólido e o líquido, conferindo ao material propriedade dos dois estados simultaneamente. Essa propriedade varia de acordo com a quantidade de água, a argila seca apresenta plasticidade nula, ao acrescentar água ela vai ganhando plasticidade até um limite máximo. Acima desse limite, as lâminas se separam e a argila torna-se um líquido viscoso

3.1.3.2 – Retração

É a propriedade que um corpo possui de variar seu volume conforme o teor de umidade. A retração ocorre de forma diretamente proporcional à saída de água, ou seja, quanto maior a redução da umidade (saída de água), maior a redução do volume, sendo a recíproca verdadeira. Nos materiais cerâmicos, isso ocorre porque a água ocupa um volume considerável no interior desses materiais e, com a sua saída, esses espaços são preenchidos pela massa, tornando o conjunto mais denso e, conseqüentemente, diminuindo seu volume (CAVALCANTI, 2009).

Ainda Cavalcanti (2009), as argilas necessitam de água para obterem a plasticidade suficiente para moldagem, inevitavelmente sofrendo retração durante os processos de secagem e queima. No entanto, a retração não ocorre de maneira uniforme em toda a peça, podendo deformar os objetos moldados, então, quanto menor a quantidade de água, melhor o produto final. Por esse motivo, essa propriedade deve ser levada em conta durante a obtenção de um produto acabado de melhor qualidade.

3.1.3.3 – Efeito ao calor

De acordo com Bauer (1994), quanto maior a temperatura de aquecimento que a argila é submetida, maior é a quantidade de água que deve perder. Até chegar a uma temperatura de aproximadamente 600°C, a argila sofre apenas alterações físicas, a partir daí, começam as alterações químicas em três estágios. Num primeiro estágio ocorre a desidratação química; resultando o endurecimento e as matérias orgânicas queimadas. O segundo estágio é a oxidação [...] a partir do terceiro estágio, há a vitrificação. [...] dando dureza, resistência e compactação ao conjunto: aparece à cerâmica propriamente dita.

3.1.4 - Propriedades das cerâmicas

De acordo com Bispo (2009), é ampla a variação das propriedades dos materiais cerâmicos que dependem principalmente da argila utilizada na produção, do processo de moldagem, secagem e cozimento. As principais propriedades são: peso específico aparente, resistência ao desgaste, [...], resistência mecânica, e resistência à flexão.

3.1.4.1 – *Peso específico aparente*

Segundo Bispo (2009), o peso específico aparente é definido a partir da relação entre o peso do material quando seco ao ar com o seu volume aparente. Esse, por sinal, é determinado através do volume de água deslocado pelo corpo em um recipiente após estar devidamente saturado com água por 24 horas.

3.1.4.2 – *Resistência ao desgaste*

A resistência ao desgaste é ligada diretamente com a quantidade de vidro que foi formado durante a secagem e o cozimento e também dos materiais de revestimentos ou acabamentos, no caso de materiais cerâmicos que as possuam (BISPO, 2009).

3.1.4.3 – *Resistência mecânica*

Segundo Júnior (2008), a resistência mecânica é definida por valores de limite quando um corpo é solicitado aos ensaios de ruptura, tanto por compressão quanto por flexão, variando esses limites para cada peça com formatos diferentes. Ela está ligada a homogeneização da matéria-prima e processamento controlado, que dão a cerâmica uma melhor uniformidade.

3.2 – Telhas cerâmicas

Telhas cerâmicas são componentes destinados à montagem de cobertura estanque à água, de aplicação descontínua (ABNT NBR 15310:2009).

Um dos materiais cerâmicos mais utilizados é a telha cerâmica, que por sua vez tem diversas aplicações na engenharia civil, tais como, vedação de ambientes, coberturas de grandes e pequenas edificações e entre outras.

3.2.1 - Tipos de telhas

De acordo com a NBR 15310 (2009) da ABNT, as telhas cerâmicas são divididas em quatro tipos: *telhas planas de sobreposição*, *telhas planas de encaixe*, *telhas compostas de encaixe* e *telhas simples de sobreposição*.

3.2.1.1 - Telhas planas de sobreposição

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 01 apresenta um exemplo de telha plana de sobreposição.



Figura 1: Telha plana de sobreposição

FONTE: <http://dicasparaconstrucao.com/telhas-ceramicas/>

3.2.1.2 - *Telhas planas de encaixe*

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 2 apresenta um exemplo de telha plana de encaixe.



Figura 2: Telha plana de encaixe, tipo francesa.

FONTE: http://atacadodastelhas.com/telhas_category/telhas-naturais/

3.2.1.3 - *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 3 apresenta um modelo de telha composta de encaixe.



Figura 3: Telha composta de encaixe.

FONTE: <http://www.cemasemadeiras.com.br/>

3.2.1.4 - 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 figura 4 apresenta um modelo de telha simples de sobreposição.



Figura 4: Telha simples de sobreposição, tipo colonial.

FONTE: <http://dicasparaconstrucao.com/telhas-ceramicas/>

3.3 - Processos de fabricação dos materiais cerâmicos

Apesar de antigo, o processo de fabricação sofreu poucas transformações ao longo dos anos, sendo que 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 (BASTOS, 2003).

No Brasil, o uso de telhas cerâmicas e tijolos maciços ocorrem desde o descobrimento. Inicialmente as telhas eram conformadas manualmente com mão-de-obra escrava, onde estas as moldavam nas suas pernas. Tal registro pode ser constatado através de antigas peças que apresentam a forma da estrutura óssea humana (ANICER, 2000).

De acordo com Facincani (2002), os produtos cerâmicos possuem uma sequência de processamento bastante semelhante, sendo que, para as telhas esse processo é composto pelas seguintes etapas:

- a) Extração e estocagem de matérias-primas;
- b) Preparação da matéria-prima (matérias-primas e misturas);
- c) Conformação (extrusão, corte e prensagem);
- d) Processamento térmico (secagem e queima);
- e) Controle do produto acabado.

3.3.1 – Extração e estocagem das matérias-primas

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. Então, são importantes que sejam realizados ensaios de granulometria e análise química, com o objetivo de verificar a adequação da matéria-prima ao produto que se pretende chegar, porém, atualmente são poucas as empresas que realizam estes ensaios e geralmente a escolha da jazida é feita pela experiência do oleiro.

3.3.1.1 – *Extração das argilas*

A extração é feita com equipamentos pesados como tratores de esteiras, escavadeiras hidráulicas e pás carregadeiras e o transporte para o estoque através de caminhão caçamba. A figura 5 mostra a argila sendo extraída de uma barreira.

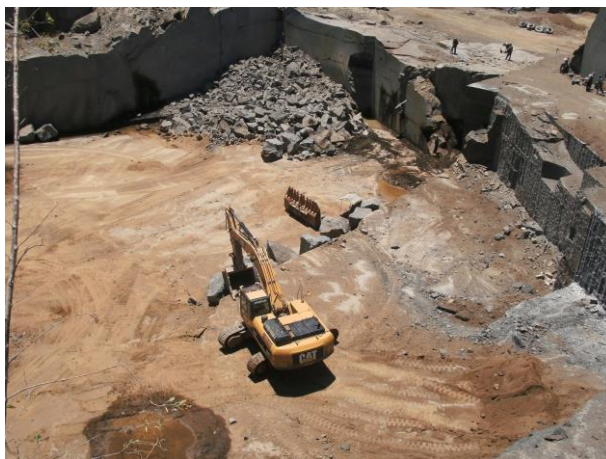


Figura 5: Extração da argila na barreira.

FONTE: http://sobrinhopicui.blogspot.com.br/2014_06_01_archive.html

3.3.1.2 – *Estocagem*

Após a extração, as argilas são transportadas e estocadas em galpões. Durante a estocagem ela passa pelo processo de sazonalamento. O sazonalamento ou o descanso trata-se de estocar argilas ao ar livre para que as intempéries atuem sobre elas, modificando-as para seu posterior uso (THOMAZELLA, 1999).

Segundo Gaidzinski (2005), o sazonalamento confere às argilas características tecnológicas superiores aquelas do material diretamente extraído da jazida, sendo pratica comum das empresas europeias 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 sazonalamento em seu processo, seja pela falta de conhecimento ou apenas por desprezarem tal benefício. A figura 6 nos mostra a estocagem de argila a céu aberto.



Figura 6: Estocagem da argila.

FONTE: <http://www.salema.com.br/artigos/noticias/estoque-de-materia-prima/>

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).

A dosagem das matérias-primas, em geral, precede sua preparação, uma vez que a preparação da massa se inicia com a formação dos lotes a céu aberto no pátio da indústria.

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 7 nos mostra a preparação da matéria-prima dentro de uma indústria.



Figura 7: Preparação da matéria-prima.

FONTE: <http://www.ceramicaforte.com/portifolio1.php?id=17#!prettyPhoto/2/>

3.3.3 – Conformação

A conformação é dada pela transformação da matéria-prima no objeto, através de aplicações de forças ou outras maneiras de moldar as peças. Esse processo é definido em 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). A figura 8 apresenta uma máquina de extrusão utilizada na obtenção de telhas cerâmicas.



Figura 8: Máquina usada para extrusão de telhas cerâmicas.

FONTE: Adaptado de Bispo.

3.3.3.2 – Corte

Segundo Moraes (2011), o corte do material extrudado (telhas, tijolos e lajotas) pode ser obtido de duas maneiras, manual ou automática, sendo que o corte automático é mais prático e eficiente, pois é feito com máquinas, assim possibilitam uma maior produção de peças. A máquina cortadora tem o objetivo de dar as dimensões desejadas aos materiais. A figura 9 nos mostra uma máquina utilizada para cortar um material cerâmico após a extrusão.



Figura 9: Máquina utilizada no corte de materiais cerâmicos logo após a extrusão.

FONTE: Adaptado de Bastos

3.3.3.3 – Prensagem

O material é posto em prensas com as formas já moldadas do modelo de material que se quer obter e depois ele é submetido a uma força de compressão.

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 10 mostra uma prensa utilizada na fabricação de telhas cerâmicas.



Figura 10: Prensa utilizada na fabricação de telhas cerâmicas.

FONTE: http://www.cmc.ind.br/?link=ver_produto&cd_categoria=29&cd_produto=87

3.3.4 – Processamento (secagem e queima)

3.3.4.1 – *Secagem*

Para que a argila possa ser moldada ela deve ter uma adição de água, que vai torná-la em um material plástico. O objetivo da secagem é exatamente a eliminação dessa água que foi adicionada.

Secagem é a remoção de líquido de um material poroso por meio de transporte e evaporação em um gás insaturado no ambiente ou, em alguns casos, em líquido dissecante. É uma importante operação anterior à queima, em materiais que contenham umidade, como os conformados por prensagem ou extrusão. [...]. A secagem deve ser controlada cuidadosamente, pois tensões produzidas por diferentes retrações ou pressões de gás podem causar defeitos no produto. A figura 11 nos mostra a secagem ao ar livre de telhas cerâmicas na cidade de Apodi-RN.



Figura 11: Secagem ao ar livre na indústria da cidade de Apodi/RN.

FONTE: Autor

3.3.4.2 – Queima

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 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.

A figura 12 mostra um forno tipo abóboda para queima de telhas cerâmicas.



Figura 12: Queima de cerâmica em forno tipo abóboda.

FONTE: <http://www.ceramicaqueiros.com.br/fotos.htm>

3.3.5 – Controle do produto acabado

Segundo Pereira (2006), o controle das peças acabadas é feito na saída do forno, rejeitando-se aquelas que não estão em conformidade com a tonalidade (queimada),

lascadas, trincadas ou quebradas, sendo que especificamente no caso das telhas cerâmicas, rejeitam-se as que possuem sons amortecidos.

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 – Norma que define as características das telhas cerâmicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou uma norma que determina todo um processo de inspeção e execução dos ensaios que regulamentam a comercialização de telhas cerâmicas, essa norma é a NBR 15310 (2009) (Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio). Para isso, ela determina que o material a ser utilizado deva passar pela inspeção por ensaios.

3.4.1 - Inspeção por ensaios

De acordo com a NBR 15310 (2009), as telhas cerâmicas devem trazer, a identificação do fabricante e os outros dados gravados em relevo ou reentrância, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o seu uso.

Nessa inscrição deve constar no mínimo o seguinte:

- a) Identificação do fabricante, do município e do estado da federação;
- b) Modelo da telha;
- c) Rendimento médio da telha, expresso em telhas por metro quadrado, com uma casa decimal, sendo obrigatória a gravação T/m²;
- d) Dimensões na sequência: largura de fabricação (L) x comprimento de fabricação (C) x posição do pino ou furo de amarração (Lp) (quando houver pino), expressos em centímetros, podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida.

Para cada ensaio são necessários 12 corpos de prova, divididos previamente em dois grupos de 6 corpos, um para realizar os ensaios e o outro para troca caso algum corpo seja danificado durante transporte.

Os aspectos a serem considerados nessa inspeção por ensaios são os seguintes:

- a) Características dimensionais;
- b) Planaridade;
- c) Rendimento médio.

3.4.1.1- Características dimensionais

As características dimensionais básicas das telhas cerâmicas são as seguintes:

- a) Largura de fabricação (L);
- b) Comprimento de fabricação (C);
- c) Posição do pino ou furo de amarração (L_p);
- d) Altura do pino (H_p);

3.4.1.2- Planaridade

É a flecha máxima medida em um dos vértices de uma telha, estando os outros três apoiados em um mesmo plano horizontal. A figura 13 nos mostra uma representação esquemática da planaridade.

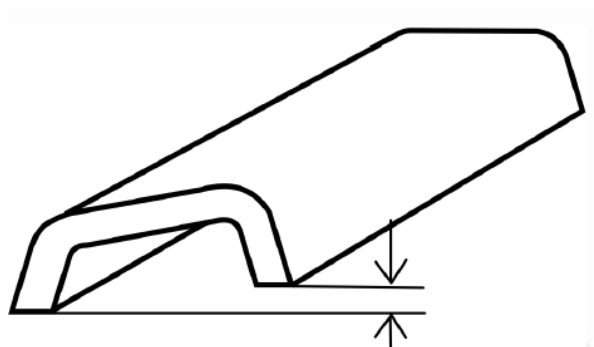


Figura 13: Representação da planaridade.

FONTE: Reproduzido da norma ABNT NBR 15310 (2009).

3.4.1.3- *Rendimento médio*

É a quantidade de telhas por unidade de área útil da telha. Encontrado pela fórmula:

$$\text{Rendimento médio} = 1/A_u$$

4 - METODOLOGIA DE PESQUISA

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

De acordo com ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), todas as telhas aptas à comercialização devem passar por uma série de testes regulamentados pela mesma. Para isso, foi criada através de outras normas, a NBR 15310 (2009), que define como deve ser elaborado cada ensaio de verificação para vários tipos telhas cerâmicas, inclusive as do tipo simples de sobreposição.

Visto que na região do médio oeste potiguar, onde está locado o campus da UFRSA-Caraúbas, o consumo de telhas é na grande maioria do tipo simples de sobreposição com peças capa e canal separadas, se faz necessário uma verificação das mesmas de acordo com a NBR 15310 (2009), quanto as suas características geométricas e o seu rendimento médio.

Através de consultas em pontos de comercialização, verifica-se que a maioria dos materiais vendidos nessa região são fabricados em Apodi-RN e em Russas-CE. Foi identificado três telhas de olarias diferentes, sendo elas, Olaria A (Apodi-RN), Olaria B (Russas-CE) e Olaria C (Russas-CE). Diante disso, foram avaliadas as três olarias.

4.1 – Coleta e identificação dos corpos de prova

Devido a dificuldade de se locomover até as olarias localizadas na cidade de Russas-CE, as suas respectivas amostras foram recolhidas em pontos de comercialização na cidade de Caraúbas-RN.

Foi escolhida aleatoriamente uma amostra de cada Olaria, B e C, cada amostra com 14 corpos de prova, sendo que apenas 6 deles passariam pelos ensaios, deixando outros 6 para uma suposta necessidade de reposição caso algum corpo de prova viesse a apresentar falhas devido o transporte ou outra ação natural e os 2 corpos restantes foram utilizados apenas no ensaio de rendimento médio.

As amostras da Olaria A, localizada em Apodi-RN, pôde ser retirada diretamente de onde é fabricada.

Fez-se uma visita na empresa e foi recolhida também uma amostra com 14 corpos de prova, sendo que 6 passaram pelos ensaios e os outros 6 ficaram pra uma suposta necessidade de reposição e os 2 corpos restantes para o ensaio de rendimento médio.

Os corpos de prova de ambas as olarias foram identificados com letras e números devidamente em ordem crescente, A1... A6, B1... B6 e C1... C6.

4.2 – Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios das amostras recolhidas

Após terem sido devidamente identificados, os corpos de prova foram submetidos à aceitação e rejeição na inspeção por ensaios.

A aceitação e rejeição dos corpos de prova para cada ensaio é dado da seguinte maneira.

4.2.1 – Para os ensaios de características dimensionais e planaridade

Na inspeção por ensaios de largura de fabricação (L), comprimento de fabricação (C), posição do pino ou furo de amarração (Lp), altura do pino (Hp) e planaridade (Pl), a aceitação ou rejeição do lote fica condicionada ao disposto na tabela 1.

Tabela 1: Aceitação e rejeição dos corpos de prova em amostragem simples.

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

FONTE: Adaptado da ABNT NBR 15310 (2009).

O lote é aceito quando o número de corpos de prova que apresentem defeitos for menor ou igual ao número na coluna de aceitação e rejeitado quando o número de corpos de prova que apresentem defeitos for maior ou igual ao número na coluna de rejeição.

4.2.2 – Para o ensaio de rendimento médio

Segundo NBR 15310 (2009), a inspeção por ensaios do rendimento médio deve atender à tolerância especificada abaixo:

- a) A tolerância de dimensões admitida é de $\pm 2,0\%$ para as dimensões de largura de fabricação (L), comprimento de fabricação (C) e posição do pino ou furo de amarração (Lp).
- b) A tolerância da altura do pino para telhas prensadas é de 7 mm.
- c) A tolerância da altura do pino para telhas extrudadas é de 3 mm.
- d) A tolerância admitida para o valor do rendimento médio é de $\pm 4\%$.

4.3 – Materiais utilizados nos ensaios

Os materiais utilizados nos ensaios deste trabalho foram:

- Corpos de prova;
- Paquímetro, com precisão de 0.05 mm;
- Trena metálica com precisão de 1 mm;
- Nível de bolha;
- Fita adesiva;
- Lapiseira e borracha.

A figura 14 nos mostra os materiais utilizados durante os ensaios.

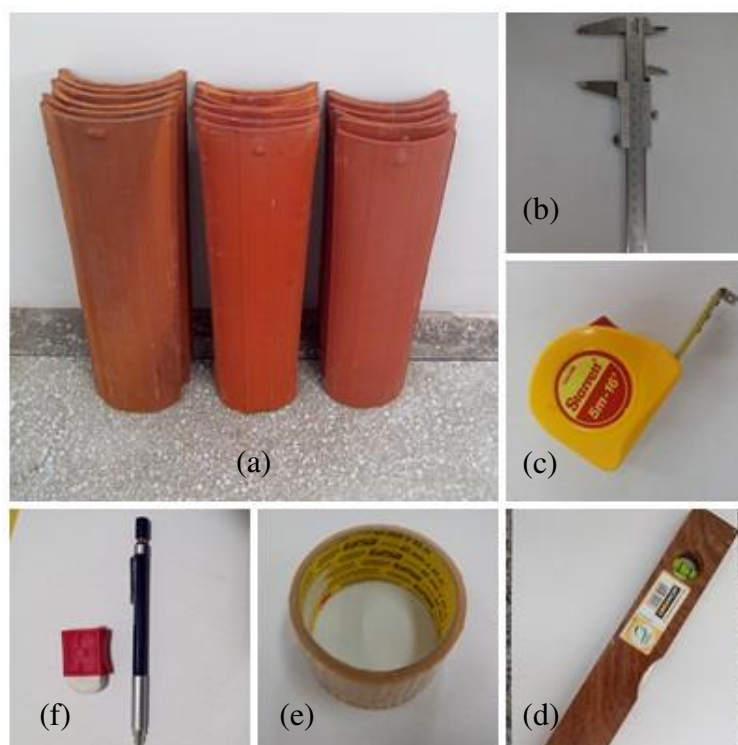


Figura 14: Materiais utilizados nos ensaios: a) Corpos de prova, telhas; b) Paquímetro; c) Trena metálica; d) Nível de bolha; e) Fita adesiva e f) Lapiseira e borracha.

FONTE: Autor

4.4 – Ensaio

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 e rendimento médio das telhas simples de sobreposição tipo capa e canal.

4.4.1 – 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 (A_p).

4.4.1.1 – Execução do ensaio

- a) 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. A figura 15 nos mostra a superfície plana identificada com fita adesiva utilizada neste ensaio e no ensaio de planaridade;



Figura 15: Determinação da superfície plana utilizada no ensaio de planaridade.

FONTE: Autor

- b) Com uma trena metálica, mede-se o comprimento efetivo (C_e). A figura 16 nos mostra como foi feita a medição;



Figura 16: Medição do comprimento efetivo (C_e).

FONTE: Autor

- c) Com o auxílio de um paquímetro, mede-se a largura efetiva (L_e). A figura 17 nos mostra como foi feita a medição;



Figura 17: Medição da largura efetiva (L_e).

FONTE: Autor

- d) Com uma trena metálica, identifica-se a posição do pino (L_p) em cada corpo de prova. A figura 18 nos mostra como foi retirada a medição.



Figura 18: Medição da posição do pino (L_p).

FONTE: Autor

- e) Com o auxílio de um paquímetro, calcula-se a altura do pino (A_p), subtraindo da altura total, a altura da telha. A figura 19 nos mostra como foi feita a medição.



Figura 19: Medição da altura do pino (A_p).

FONTE: Autor

4.4.2 – Ensaio de determinação da planaridade

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

4.4.2.1 – Execução do ensaio

- a) Com um nível de bolha, verifica-se uma superfície plana para que o corpo de prova não ficasse submetido a um desnível. A figura 15 nos mostra a superfície plana identificada com fita adesiva utilizada neste ensaio;
- b) Com o auxílio de um paquímetro, mede-se a planaridade (maior flecha apresentada pelo corpo de prova com ralação à superfície) de cada corpo de prova. A figura 20 nos mostra como foi retirada a medida.



Figura 20: Medição da planaridade (PI).

FONTE: Autor

4.4.3 – Ensaio de determinação do rendimento médio

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

4.4.3.1 – Execução do ensaio

- a) Calcula-se a porcentagem permitida da sobreposição longitudinal das telhas, sendo elas, porcentagem de sobreposição máxima igual a 18% do comprimento total e porcentagem de sobreposição mínima igual a 14% do comprimento total ou efetivo. Em telhas simples de sobreposição, o encaixe transversal deve ser ensaiado somente com a menor sobreposição;
- b) Marca-se nos corpos de prova com uma lapiseira as medidas de sobreposições encontradas. A figura 21 nos mostra como foi feita as marcações das sobreposições;



Figura 21: Marcação das sobreposições encontradas.

FONTE: Autor

- c) Sob uma superfície plana foi fixada uma telha base e ajustadas às demais conforme a figura 22;



Figura 22: Telhas ajustadas para o ensaio de rendimento médio.

FONTE: Autor

- d) Mede-se o comprimento útil e largura útil para o ajuste de telhas obtido, através da divisão do valor total da medição pela quantidade de telhas (área da superfície determinada pelas telhas necessita de um total de 18 telhas, 6 em cada linha da horizontal e 3 em cada linha vertical, por isso, o valor de cada medição de largura é dividido por 6 e de cada comprimento é dividido por 3);

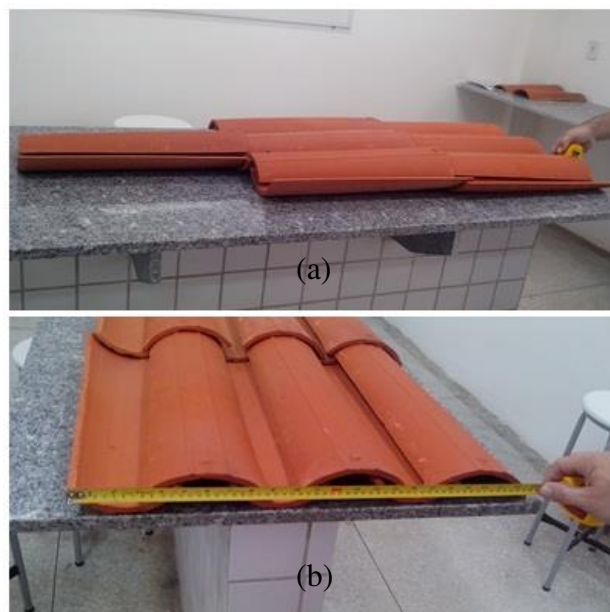


Figura 23: Medições do ensaio: a) comprimento útil e b) largura útil.

FONTE: Autor

- e) Repete-se os processos realizados nos itens c) e d) por seis vezes com seis diferentes telhas ajustadas como base.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos objetivos determinados no capítulo 2 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

Na inspeção, nenhuma das telhas apresentou medidas de fabricação expressas em relevo ou reentrância como exigido na norma. Portanto, obtiveram-se apenas os valores de comprimento efetivo, largura efetiva, posição do pino e altura do pino.

De acordo com o ensaio realizado, foram obtidas as medidas expressas nas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: 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	488	152,5	459	3,8
A	2	489	154,1	461	3,8
A	3	490	154,4	461	3,7
A	4	489	154,7	461	3,8
A	5	493	156	464	3,1
A	6	489	155	461	3,5
Média		489,6	154,4	461,1	3,6
Maior diferença da média		3,4	1,9	2,9	-
Porcentagem da maior diferença (%)		0,70	1,23	0,63	-
Porcentagem permitida pela norma (%)		2	2	2	-
Menor altura do pino para telhas extrudadas (mm)		-	-	-	3

Tabela 3: 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	493	154,7	468	3,7
B	2	498	163	479	4,3
B	3	497	162	475	3,5
B	4	498	161	475	3,9
B	5	502	160	478	3,1
B	6	498	162	475	3,3
Média		497,6	160,4	475	3,6
Maior diferença da média		4,6	5,7	7	-
Porcentagem da maior diferença (%)		0,92	3,55	1,48	-
Porcentagem permitida pela norma (%)		2	2	2	-
Menor altura do pino para telhas extrudadas (mm)		-	-	-	3

Tabela 4: 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	477	154,6	452	3,9
C	2	478	151,5	453	4,7
C	3	475	149,8	449	3,3
C	4	479	154,2	454	5,5
C	5	478	151	452	3,6
C	6	471	152,5	446	3,6
Média		476,3	152,2	451	4,1
Maior diferença da média		5,3	2,4	5	-
Porcentagem da maior diferença (%)		1,11	1,58	1,11	-
Porcentagem permitida pela norma (%)		2	2	2	-
Menor altura do pino para telhas extrudadas (mm)		-	-	-	3

Como nenhuma das telhas apresentou medidas de fabricação em relevo ou reentrância em suas faces, foi considerado que o valor de fabricação ou o valor que as empresas desejavam obter seriam os valores encontrados das médias. Ainda, foi considerado

que a porcentagem da maior diferença entre a média e um corpo de prova, seria o valor da tolerância para a dimensão da telha.

Através da análise dos dados expressos nas tabelas 2, 3 e 4, observa-se que, caso o valor desejado pela indústria fosse o valor médio, as telhas das olarias A (Apodi-RN) e C (Russas-CE) atendem a norma quanto aos ensaios de comprimento efetivo, largura efetiva e posição do pino. Porém, a olaria B de Russas-CE, apresentou irregularidade em relação à tolerância dada pela norma que é de 2% (a largura efetiva foi igual a 3,55%).

Analisando os dados coletados para altura do pino, nota-se que todas as telhas atendem a norma, tendo uma medição bem maior do que a exigida pela mesma para telhas extrudadas que é de 3 mm.

5.2 – Resultados obtidos no ensaio de planaridade

De acordo com o ensaio realizado, foram obtidas as medidas expressas na tabela 5.

Tabela 5: Resultados dos ensaios de planaridade.

Cerâmica	Nº da amostra	Planaridade (mm)	Cerâmica	Nº da amostra	Planaridade (mm)	Cerâmica	Nº da amostra	Planaridade (mm)
A	1	9,9	B	1	0,0	C	1	10,4
A	2	7,9	B	2	6,3	C	2	4,2
A	3	5,0	B	3	8,9	C	3	4,3
A	4	2,8	B	4	11,1	C	4	9,0
A	5	10,8	B	5	6,7	C	5	17,8
A	6	7,0	B	6	7,0	C	6	7,0
Média		7,2	Média		6,7	Média		8,8
Valor máximo permitido pela norma		5,0	Valor máximo permitido pela norma		5,0	Valor máximo permitido pela norma		5,0

Analisando os valores encontrados, nota-se que esses estão bem fora do padrão exigido pela norma, todas as médias apresentam valores superiores a 5mm e, por isso, não atendem a mesma. Mesmo com as médias acima do valor esperado, ainda nota-se que alguns corpos de prova estariam aptos para a comercialização se os ensaios pudessem ser refletidos apenas individualmente.

5.3 – Resultados obtidos no ensaio de rendimento médio

As tabelas 6, 7 e 8, nos mostra os resultados das medições no ensaio de rendimento médio obtidos para o conjunto de telhas de cada olaria.

Tabela 6: Resultados dos ensaios de rendimento médio – Olaria A.

Cerâmica	Medição	Longitudinal Máximo (m)	Longitudinal Mínimo (m)	Transversal (m)	Área útil máxima (m ²)	Área útil mínima (m ²)
A	1 ^a	1,40	1,38	0,58	0,82	0,80
A	2 ^a	1,39	1,38	0,57	0,80	0,79
A	3 ^a	1,40	1,38	0,59	0,83	0,81
A	4 ^a	1,41	1,38	0,58	0,81	0,80
A	5 ^a	1,40	1,38	0,58	0,81	0,80
A	6 ^a	1,41	1,38	0,57	0,80	0,78
Médias		1,40	1,38	0,58	0,81	0,80
Media entre máximo e mínimo		1,39		-	0,805	

Tabela 7: Resultados dos ensaios de rendimento médio – Olaria B.

Cerâmica	Medição	Longitudinal Máximo (m)	Longitudinal Mínimo (m)	Transversal (m)	Área útil máxima (m ²)	Área útil mínima (m ²)
B	1 ^a	1,43	1,41	0,59	0,85	0,84
B	2 ^a	1,42	1,40	0,60	0,85	0,84
B	3 ^a	1,43	1,41	0,60	0,86	0,84
B	4 ^a	1,43	1,42	0,59	0,84	0,84
B	5 ^a	1,43	1,41	0,60	0,85	0,84
B	6 ^a	1,44	1,42	0,59	0,84	0,83
Médias		1,43	1,41	0,59	0,85	0,84
Media entre máximo e mínimo		1,42		-	0,845	

Tabela 8: Resultados dos ensaios de rendimento médio – Olaria C.

Cerâmica	Medição	Longitudinal Máximo (m)	Longitudinal Mínimo (m)	Transversal (cm)	Área útil máxima (m²)	Área útil mínima (m²)
C	1ª	1,39	1,37	0,57	0,79	0,78
C	2ª	1,38	1,37	0,57	0,78	0,78
C	3ª	1,39	1,37	0,56	0,78	0,77
C	4ª	1,36	1,34	0,55	0,76	0,74
C	5ª	1,37	1,35	0,58	0,79	0,78
C	6ª	1,37	1,34	0,56	0,76	0,75
Médias		1,38	1,36	0,56	0,78	0,76
Media entre máximo e mínimo		1,37		-	0,77	

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

$$\text{Rendimento médio} = 1/A_u$$

Como na área determinada pela largura útil e comprimento útil no ensaio caberia um total de 18 telhas, 6 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 6 e os da longitudinal por 3. A tabela 9 nos mostra os valores da área útil e do rendimento médio para cada telha analisada.

Tabela 9: Resultados da determinação do rendimento médio.

Olaria	Comprimento útil de cada telha	Largura útil de cada telha	Área útil de cada telha (m²)	Rendimento médio (T/m²)
A	0,463	0,096	0,044	22,72
B	0,473	0,098	0,046	21,73
C	0,456	0,093	0,042	23,08

O valor determinado para o rendimento médio de telhas simples de sobreposição do tipo colonial é de aproximadamente 23 telhas, portanto, as três olarias atendem a norma.

6 - CONCLUSÃO

De acordo com as análises dos resultados obtidos nos ensaios referentes às características geométricas, planaridade e rendimento médio, nota-se que as telhas cerâmicas mais comercializadas na região do médio oeste potiguar, mais precisamente nas proximidades da cidade de Caraúbas-RN, não estão de acordo com alguns requisitos estabelecidos pela norma que regulamenta a comercialização da mesma, a NBR 15310:2009.

Apesar das telhas atenderem a norma quanto ao seu rendimento médio, devido as suas dimensões serem fatores consideráveis nesse resultado, também apresentaram uma planaridade que não atende a norma, sendo que apenas 5 delas, entre todos os corpos de prova das três empresas, estavam aptas ao mercado. Além disso, todas foram rejeitadas na inspeção de identificação, pois não tinham as devidas gravações em relevo ou reentrância exigidas pela norma. Das telhas aptas em relação à planaridade, foram elas em números: 2 da empresa localizada em Apodi-RN, 1 da 1ª empresa localizada em Russas-CE (B) e 2 da 2ª empresa localizada em Russas-CE (C).

Todos os valores encontrados nesses ensaios indicam que provavelmente ocorre um erro no método de produção das indústrias estudadas.

Portanto, quanto aos ensaios aqui realizados, faz-se necessário desenvolver uma nova técnica de fabricação para essas empresas que comercializam desse material na região em estudo.

7 - REFERÊNCIAS

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Telhas Cerâmicas - Manual técnico**. Porto Alegre: 2000. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: www.abceram.org.br. Acesso em: 17 de julho de 2014.

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.

ATACADO DAS TELHAS. Disponível em http://atacadodastelhas.com/telhas_category/telhas-naturais/. Acessado em 21/07/2014.

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.

BISPO, J. O. **Avaliação da qualidade de telhas cerâmicas: estudo de caso em Feira de Santana**. 2009. Monografia. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

BOUTH, J. A. C., **Manual de Operações Básicas na Indústria de Cerâmica Vermelha**, 1ª ed., Natal: editora FastGraf, 104p., 2008.

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

NECKEL JUNIOR, Lourenço et al. **Processamento de telhas cerâmicas por compactação de pós e queima em forno a rolo**. 2008.

CERÂMICA FORTE. Disponível em
<<http://www.ceramicaforte.com/portifolio1.php?id=17#!prettyPhoto/2/>>. Acessado em
22/07/2014.

CERÂMICA COQUEIROS. Disponível em
<<http://www.ceramicacoqueiros.com.br/fotos.htm>>. Acessado em 22/07/2014.

CONSTRUÇÕES MECÂNICAS COCAL. Disponível em
<http://www.cmc.ind.br/?link=ver_produto&cd_categoria=29&cd_produto=87>. Acessado
em 22/03/2014.

CERÂMICAS E MADEIRAS. Disponível em <<http://www.cemasemadeiras.com.br/>>. Acessado em 21/07/2014.

DICAS PARA CONSTRUÇÃO. Disponível em <<http://dicasparaconstrucao.com/telhas-ceramicas/>>. Acessado em 21/07/2014.

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.

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

PADILHA, A. F., **Materiais de Engenharia**, São Paulo: Editora Hemus, 349p, 1997.

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.

PETRUCCI, E. G. R., **Materiais Cerâmicos**, 12. Ed., São Paulo: Editora Globo, 435p, 1998.

SALEMA. Disponível em <<http://www.salema.com.br/artigos/noticias/estoque-de-materia-prima/>>. Acessado em 22/07/2014.

SANTOS, P. S., **Ciência e tecnologia da argilas**. 2ª ed., São Paulo, Editora Blucher., V.01, 408 p., 1989.

SOBRINHO PICUI. Disponível em <http://sobrinhopicui.blogspot.com.br/2014_06_01_archive.html>. Acessado em 22/07/2014.

THOMAZELLA, H. R. **A influência do sazonalidade 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.