

Caracterização microestrutural de telhas cerâmicas do Pavilhão Central da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Microstructure characterization of the ceramic tiles from the Central Pavilion of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Lucas Santos Almeida, Antonio Renato Bigansolli*, Belmira Benedita de Lima-Kuhn

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar as características dimensionais e físicas segundo especificações padrões de telhas cerâmicas (NBR 15310) e caracterizar a microestrutura por meio de difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) de telhas retiradas do Pavilhão Central (P1) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Os resultados mostram que as telhas atendem aos requisitos físicos e não às especificações dimensionais, apresentando microestrutura homogênea, não porosa e constituída de quartzo e ilite, predominantemente.

Palavras-chave: Telhas; telhado; DRX; MEV.

ABSTRACT

This work has as its objective to evaluate the dimensional and physical characteristics according to standard specification for clay roof tiles, NBR 15310, and to characterize the microstructure by X-ray diffraction tests and scanning electron microscopy of the tiles from the Central Pavilion (P1) of the Federal Rural University of Rio de Janeiro - UFRRJ. The results show tiles meet the physical requirements and do not meet dimensional specifications; have a homogeneous and nonporous microstructure and are composed of quartz and illite, predominantly.

Keywords: Roof tile; ceramic roof tile; DRX; MEV.

INTRODUÇÃO

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) tem sua origem no Decreto 8.319, de 20 de outubro de 1910, assinado por Nilo Peçanha, presidente da República, e por Rodolfo Nogueira da Rocha Miranda, ministro da Agricultura, que estabeleceram as bases fundamentais do ensino agropecuário no Brasil, criando a Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária. A UFRRJ surgiu com a Lei 4.759, de 1965, tornando-se uma autarquia desde 1968, passando, assim, a atuar em uma estrutura mais flexível e dinâmica para acompanhar a reforma universitária que se implantava no país. Com a aprovação de seu estatuto, em 1970, a universidade vem ampliando suas áreas de ensino, pesquisa e extensão¹.

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmicos (ABCCERAM), cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos não metálicos obtidos, geralmente, após tratamento térmico em temperaturas elevadas². Abrange grande variedade de substâncias, como óxidos, nitretos, carbetos e argilominerais. É formada, principalmente, por elementos como oxigênio, silício, alumínio, ferro, magnésio, potássio e sódio, que se arranjam em estruturas tridimensionais no estado iônico. Com relação às propriedades mecânicas, as cerâmicas são relativamente rígidas e resistentes, tipicamente muito duras, porém frágeis (ausência de ductibilidade), e apresentam elevada tenacidade a fratura. São isolantes térmicos e elétricos e muito resistentes a altas temperaturas em ambientes corrosivos³. A cerâmica vermelha compreende materiais com coloração avermelhada, cuja principal matéria-prima utilizada é a argila, comumente definida como materiais terrosos naturais, de diâmetro inferior a 0,005 mm, que misturados com a água adquirem alta plasticidade e formam torrões de difícil desagregação sob pressão^{2,4}.

Na construção civil, destaca-se o uso da cerâmica vermelha na fabricação de telhas². As do tipo capa e canal são telhas simples de sobreposição constituídas de peças côncavas (canais) e convexas (capas) que se recobrem longitudinal e transversalmente compondo vedos estanques à água, promovendo, a partir do perfeito posicionamento, a impermeabilidade na cobertura, sendo encontradas nos estilos colonial, paulista e plan^{5,6}. O presente trabalho tem por objetivo determinar as características dimensionais e físicas segundo a NBR 15310⁴ e avaliar a microestrutura e as composições química e mineralógica por meio de ensaios de difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) das telhas capa e canal plan retiradas, depois de muitos anos em condições de intemperismo, do Pavilhão Central (P1) da UFRRJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, utilizaram-se telhas do tipo capa e canal plan, conforme a Fig. 1, coletadas durante a reforma do P1 da UFRRJ em 2013, as quais tiveram suas características dimensionais, físicas e mecânicas determinadas segundo a

NBR 15310⁴ e suas características microestruturais determinadas por DRX, MEV e espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDS). Os ensaios de dimensão, planaridade, absorção de água (AA), porosidade e massa específica aparente (MEA) das telhas, segundo a NBR 15310⁴, e o ensaio de DRX foram realizados no Departamento de Engenharia Química do Instituto de Tecnologia (DEQ/IT) da UFRRJ e as microanálises e micrografias foram obtidas na Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL/USP).



Figura 1: Telhas retiradas do telhado do P1 da UFRRJ.

As dimensões das telhas foram determinadas com o auxílio de trena (erro de ± 1 mm). A Fig. 2 mostra a determinação do comprimento de uma das telhas amostradas.



Figura 2: Determinação do comprimento⁴.

Para o ensaio de planaridade, a telha foi colocada com concavidade para baixo sobre uma superfície plana, indeformável e de dimensões maiores que as telhas, conforme a NBR 15310⁴.

Para o ensaio de AA, as telhas foram quebradas e amostradas. Em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 100 °C por 24 horas até peso constante para a determinação da massa seca (PS). Após determinação da PS, as amostras foram inseridas em um recipiente com água à temperatura ambiente em volume suficiente para mantê-las imersas e em seguida foram

aquecidas e mantidas sob fervura por 2 horas. Transcorrido o tempo de imersão em água fervente, as amostras foram resfriadas via substituição lenta da água quente do recipiente por água à temperatura ambiente. Após saturação, foram removidas, colocadas na bancada e, com auxílio de um pano úmido, retirou-se o excesso de água e, posteriormente, foram pesadas para determinação da massa úmida (PU).

Medidos os valores de PS e PU, a quantidade de AA foi calculada por meio da Eq. 1:

$$AA (\%) = (PU - PS)/PS \times 100 \quad (1)$$

onde: AA é a absorção de água; PS é a massa da amostra seca; e PU é a massa da amostra úmida.

A medida de porosidade aparente (PA) foi realizada por meio do método de Arquimedes, utilizando, como fluido de imersão, a água na temperatura ambiente^{4,7}. Mediu-se, desse modo, a massa da amostra imersa (PI) e, em seguida, determinou-se a PA por meio da Eq. 2:

$$PA (\%) = (PU - PS)/(PU - PI) \times 100 \quad (2)$$

onde: PA é a porosidade aparente; PI é a massa da amostra imersa; PS é a massa da amostra seca; e PU é a massa da amostra úmida.

Conhecidos os valores da PA e da AA, calcularam-se os valores da MEA por meio da Eq. 3:

$$MEA = PA/AA \quad (3)$$

onde: AA é a absorção de água; MEA é a massa específica aparente; e PA é a porosidade aparente.

As medidas de DRX foram feitas utilizando-se um difratômetro de marca Rigaku, modelo Miniflex II Dekstop X-Ray Diffractometer, radiação Cu-ka, 2θ variando de 10 a 90°, com passo de 0,05°/s.

As micrografias e microanálises das amostras fraturadas foram obtidas por MEV com a utilização de EDS, em um microscópio eletrônico de varredura modelo LEO 1450 VP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas dimensionais feitas para três telhas tipo capa e três telhas tipo canal estão apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

As Tabelas 1 e 2 mostram, também, os valores referenciados para as telhas cerâmicas capa e canal plan⁴. Pode-se observar que todas as telhas avaliadas apresentam o comprimento menor que o valor de referência e a altura maior que o valor de referência. Para as telhas tipo capa, a largura maior apresenta-se menor que a referência e a largura menor apresenta valores que variam de 113 a 127 mm, equidistantes da referência de 120 mm.

Pode-se verificar, na Tabela 3, que as telhas capa e canal plan apresentam desnível que varia de 0,1 a 0,5 mm. Essas medidas

encontram-se em conformidade com a NBR 15310⁴, que estabelece o valor máximo de 5 mm para a planaridade⁴.

Tabela 1: Valores dimensionais medidos para as telhas tipo capa plan e valores de referência segundo a NBR 15310⁴.

Telhas	Dimensões (mm)		
	Comprimento	Largura	Altura
1	405	145	113
2	408	147	127
3	410	145	125
NBR 15310	460	160	120

Tabela 2: Valores dimensionais medidos para as telhas tipo canal plan e valores de referência segundo a NBR 15310⁴.

Telhas	Dimensões (mm)		
	Comprimento	Largura	Altura
1	400	170	130
2	405	175	130
3	407	170	130
NBR 15310	460	180	140

Tabela 3: Valores de planaridade medidos nas telhas conforme a NBR 15310⁴.

Telhas	Lados	Desníveis (mm)	
		Tipo canal	Tipo capa
1	A	0,1-0,5	0,1-0,2
	B	0,3-0,5	0,1-0,3
2	A	0,1-0,2	0,1-0,4
	B	0,1-0,3	0,1-0,2
3	A	0,2-0,3	0,1-0,3
	B	0,2-0,5	0,1-0,2

As medidas de AA, PA e MEA foram feitas para telha tipo capa e telha tipo canal. As Tabelas 4, 5 e 6 mostram AA, PA e MEA das telhas; observa-se que a telha tipo canal apresenta 19,6% de AA, 175,91% de PA e 8,954 g/cm³ MEA, enquanto a telha tipo capa apresenta 16,8% de AA, 151,88% de PA e 9,022 g/cm³ MEA. Assim, as duas telhas apresentam valores inferiores a 20% de AA, em conformidade com a NBR 15310⁴. Como observado em caracterizações de cerâmicas estruturais⁷, a amostra com maior índice de absorção apresenta-se mais porosa e com menor valor de massa específica, conforme esperado, já que a medida de PA apresenta relação direta com a AA e inversa com a MEA.

As Figs. 3 e 4 apresentam os difratogramas de raios X das telhas tipo capa e canal, respectivamente. A análise foi feita levando em consideração os resultados apresentados por Macedo⁶, cujas fases cristalinas foram identificadas como quartzo e os argilominerais, illita, caulinita e anortita. Observa-se a majoritariedade de quartzo e illita nas amostras.

Tabela 4: Resultados de AA em amostras de telhas tipo capa e telha tipo canal segundo NBR 15310⁴.

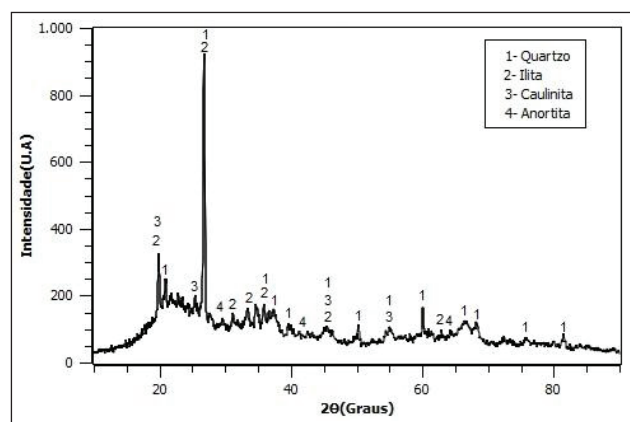
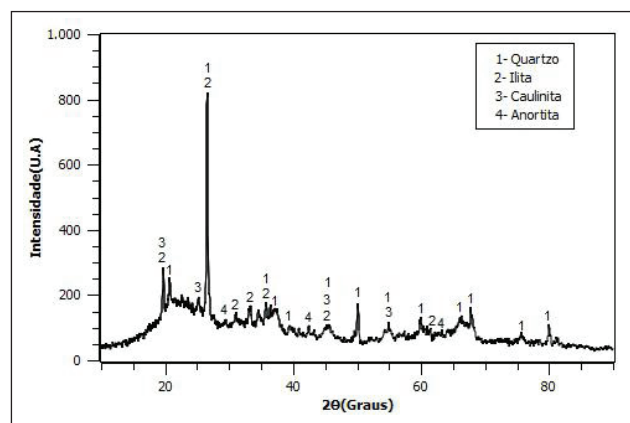
Amostras	PS (g)	PU (g)	AA (%)
Capa	7,1205	8,3193	16,836
Canal	5,7892	6,9265	19,645

Tabela 5: Resultados de PA em amostras de telhas tipo capa e telha tipo canal segundo NBR 15310⁴.

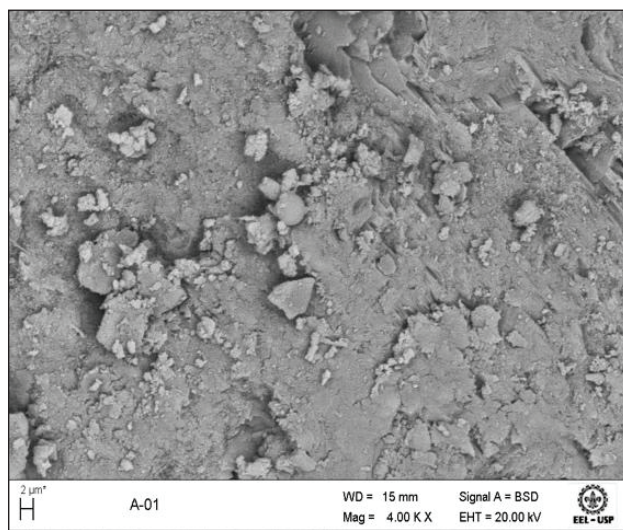
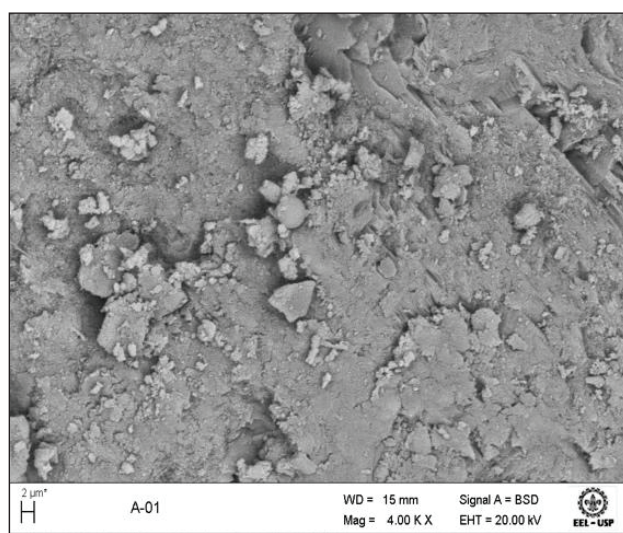
Amostras	PS (g)	PU (g)	PI (g)	PA (%)
Capa	7,1205	8,3193	7,53	151,88
Canal	5,7892	6,9265	6,28	175,91

Tabela 6: MEA em telhas.

Amostras	PA (%)	AA (%)	MEA (g/cm ³)
Capa	151,88	16,835	9,022
Canal	175,91	19,645	8,954

**Figura 3:** Difratograma da telha tipo capa.**Figura 4:** Difratograma da telha do tipo canal.

As micrografias das Figs. 5 e 6 apresentam superfície homogênea, densa e não porosa. Essas características estão relacionadas com a presença de elementos químicos, tais como o Ca e K, fundamentais para a baixa porosidade, e o Al, que aumenta a refratariedade⁶.

**Figura 5:** Micrografia obtidas por MEV da amostra da telha tipo capa.**Figura 6:** Microestrutura da amostra da telha tipo canal.

A Tabela 7 e as Figs. 7 e 8 apresentam os resultados qualitativos obtidos por EDS. A Tabela 7 apresenta os teores dos elementos em porcentagem atômica para a telha tipo capa e as Figs. 7 e 8 mostram os espectros obtidos para as telhas tipo capa e tipo canal. Os picos presentes nos espectros foram caracterizados por meio de processo de identificação automática. Nos espectros, observa-se a presença de dois picos intensos, um em 1,7 e outro em 2,2 keV, identificados como W. Sabendo-se que não é comum a presença de W em massas cerâmicas⁵ e que é comum ocorrer sobreposição de picos na resolução de energia do sistema EDS⁸, supõem-se estar ocorrendo sobreposições de linhas, Si ($K\alpha$) e W (M), que têm os seguintes valores de linhas de emissão: 1,739 e 1,774 keV, respectivamente. No entanto, embora o W não apresente linha de emissão próxima a 2,2 keV, verifica-se, por meio da tabela de energia para análises de EDS, que os elementos S e P, presentes em massas cerâmicas⁵, têm os seguintes valores

de linhas de emissão: 2,307 e 2,013 keV. Assim, esses resultados indicam a presença dos elementos O, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe e W na composição química das telhas. Os elementos O, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe podem estar relacionados com as fases quartzo, ilita, caulinita e anortita indicadas nos difratogramas das amostras^{6,7}, normalmente presentes nos argilominerais^{5,7}. Embora o W tenha sido identificado automaticamente pelo *software*, esse pode não estar presente nessas amostras.

Tabela 7: Teores qualitativos dos elementos medidos via EDS, em porcentagem atômica na telha tipo capa.

Elementos	% Atômica
O (Ka)	58,22
Al (Ka)	13,22
Si (Ka)	21,30
K (Ka)	1,11
Ca (Ka)	1,15
Ti (Ka)	0,38
Fe (Ka)	4,03
W (M)	0,57

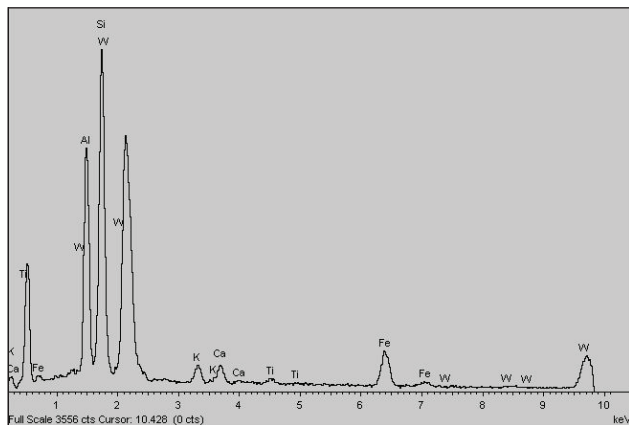


Figura 7: EDS da amostra da telha tipo capa.

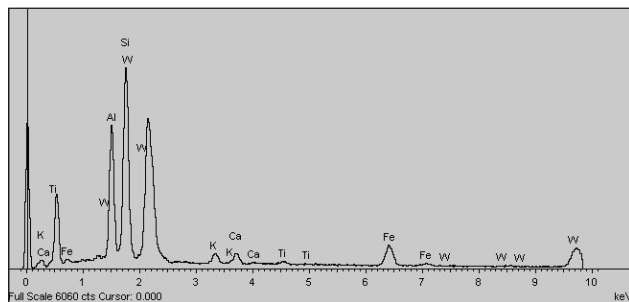


Figura 8: EDS da amostra da telha tipo canal.

CONCLUSÕES

As telhas plan do tipo capa e canal caracterizadas segundo a norma NBR 15310⁴ apresentam-se conforme os requisitos físicos e não atendem às especificações dimensionais. As telhas caracterizadas faziam parte da cobertura do P1 da UFRRJ, construído no início do século XX, e sabe-se que, nesse período, as telhas eram fabricadas sem a utilização de uma norma técnica específica. No entanto, observa-se que essas apresentam valores para AA, PA e MEA conforme a norma NBR 15310⁴.

A caracterização microestrutural das amostras utilizando os ensaios de DRX e MEV/EDS mostrou a presença de sílica, argilominerais e elementos comumente presentes em telhas vermelhas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DEQ/IT/UFRRJ e ao EEL/USP pelo apoio na realização das análises.

REFERÊNCIAS

1. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro [Internet]. c0-2019 [citado em 5 de fevereiro de 2019]. Disponível em: <http://www.ufrj.br>
2. ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica [Internet]. c0-2016 [citado em 5 de fevereiro de 2019]. Disponível em: <http://www.abceram.org.br>
3. Callister Junior WD. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 7a ed. Rio de Janeiro: LTC; 2008.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15310 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT; 2009.
5. Vieira CMF, Pinheiro RM, Monteiro SN. Massas cerâmicas para telhas: avaliação microestrutural. Matéria (Rio J). 2010;15(1):55. <https://doi.org/10.1590/S1517-70762010000100007>
6. Macedo RMPR. Aplicação da metodologia de planejamento de experimentos para formulação de massas cerâmicas para telhas [tese]. Natal (RN): Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2007.
7. Monteiro FM. Estudo das propriedades mineralógicas e tecnológicas de argila da região do agreste potiguar para produção de cerâmica estrutural [dissertação]. Natal (RN): Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2012.
8. Liao Y. Practical electron microscopy and database [Internet]. 2a ed. [citado em 2 de abril de 2019]. Disponível em: <http://www.globalsino.com/EM/page4634.html>